

电子工业技术词典

电工基础

国防工业出版社

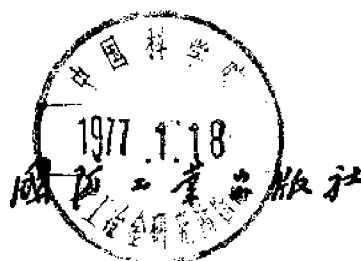
73.6072
174.9

电子工业技术词典

电 工 基 础

《电子工业技术词典》编辑委员会 编

3405/13



内 容 简 介

《电子工业技术词典》是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》(试用本)的基础上作了较大修改和增补而编写的。本《词典》是一本为广大工农兵和干部提供的深入浅出、简明实用的工具书。它也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌、扩大知识面时参阅。

本《词典》共有三十四章。正文中各词汇后附有英文对照,书末附有英文索引,合订本中还附有汉字笔画索引。在出版合订本之前,将先分册出版。各分册所包括的章节内容和出版先后次序,将视具体情况而定。

本分册是《词典》第一章电工基础的内容,它包括静电,稳恒电流磁场,直流电路,交流电路,三相电与电机,谐振,谐波分析,过渡过程,交变电磁场等九节。

电子工业技术词典

电 工 基 础

《电子工业技术词典》编辑委员会 编

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张4¹/₈ 79千字

1976年9月第一版 1976年9月第一次印刷 印数:00,001—55,000册

统一书号:17034·29-7 定价:0.46元

前 言

《电子工业技术词典》是在无产阶级文化大革命伟大胜利的鼓舞下，在学习无产阶级专政理论的热潮中，在电子工业发展的新形势下出版的。它是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》（试用本）的基础上编写的。

原《词典》自发行以来，曾受到广大读者的欢迎，为宣传、普及、推广电子技术知识起了一定的作用。十多年来，在毛主席革命路线的指引下，我国电子工业已有很大的发展，生产规模不断扩大，技术水平迅速提高，技术队伍日益壮大，电子技术的推广应用已引起国民经济各部门的重视，并在社会主义革命和社会主义建设中发挥出作用。目前，电子工业已成为国民经济的一个组成部分，电子工业战线的广大职工正在为实现第四届全国人民代表大会提出的宏伟目标而努力奋斗。为适应这一大好形势，更好地为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为社会主义服务，我们对原《词典》进行了一次较大的修改和增补。内容力求反映七十年代电子技术的水平，释文尽量做到简明、通俗。目的是为了向要求对电子工业技术有一般常识的广大工农兵和干部提供一本实用的工具书；同时也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌和扩大知识面时参考。

本《词典》共分三十四章。其目录如下：

- | | |
|-----------------|-------------|
| 一、电工基础； | 二、基本电子线路； |
| 三、网络分析与综合； | 四、电波传播与天线； |
| 五、信息论； | 六、电阻、电容与电感； |
| 七、厚薄膜电路； | 八、磁性材料与器件； |
| 九、电子陶瓷与压电、铁电晶体； | 十、机电组件； |
| 十一、电线与电缆； | 十二、电子管； |
| 十三、半导体； | 十四、电源； |
| 十五、其它元器件； | 十六、通信； |

32352

十七、广播与电视;

十九、导航;

二十一、电子对抗;

二十三、系统工程;

二十五、微波技术;

二十七、红外技术;

二十九、电声;

三十一、声纳;

三十三、电子测量技术与设备;

十八、雷达;

二十、自动控制与遥控、遥测;

二十二、电子计算机;

二十四、电子技术的其它应用;

二十六、显示技术;

二十八、激光技术;

三十、超声;

三十二、专用工艺设备与净化技术;

三十四、可靠性。

各章互有联系,并尽量避免章节间词汇的重复,故每章只有一定的系统性。正文前有章节和词汇目录,正文中各词汇后附有英文对照,最后附有汉字笔画索引与英文索引。本《词典》将先分册出版,各分册所包含的章节内容和出版先后次序将视具体情况而定。各分册无汉字笔画索引。

本《词典》的编写工作,自始至终是在毛主席革命路线的指引下,在党的领导下进行的。贯彻了“**独立自主,自力更生**”的伟大方针,坚持了群众路线,实行了工人、干部、科技人员和生产、科研、教学两个三结合,以及理论联系实际的原则。《电子工业技术词典》本身就是广大群众集体智慧的结晶。它的编写过程也反映了无产阶级文化大革命后我国出版战线上的新气象。

由于我们水平有限,加上时间仓促,虽然作了很大努力,但《词典》中还可能存在不少错误和不妥之处,恳请广大读者及时批评指正。

《电子工业技术词典》编辑委员会

一九七五年十月一日

目 录

一、静 电

电工基础.....	1-1	静电感应.....	1-4
物质.....	1-1	静电屏蔽.....	1-4
原子.....	1-1	电离.....	1-4
原子核.....	1-1	离子.....	1-4
质子.....	1-1	消电离.....	1-4
中子.....	1-1	电解液.....	1-4
电子.....	1-1	电晕.....	1-4
分子.....	1-2	电场.....	1-4
中性体.....	1-2	电场强度.....	1-4
带电体.....	1-2	静电场.....	1-5
导电性.....	1-2	均匀电场.....	1-5
导体.....	1-2	电力线.....	1-5
电导.....	1-2	电通量.....	1-5
电导率.....	1-2	电通密度.....	1-5
电导系数.....	1-2	电位移.....	1-5
电介质.....	1-2	电位.....	1-5
绝缘体.....	1-2	等位面.....	1-5
均匀介质.....	1-2	电位差.....	1-5
非均匀介质.....	1-2	电压.....	1-5
介电常数.....	1-2	伏特.....	1-5
相对介电常数.....	1-3	电子伏特.....	1-6
介质极化.....	1-3	电位梯度.....	1-6
介质损耗.....	1-3	电容.....	1-6
介质泄漏.....	1-3	法拉.....	1-6
漏电流.....	1-3	电容器的串联和并联.....	1-6
击穿.....	1-3	充电.....	1-6
击穿电压.....	1-3	放电.....	1-6
电荷.....	1-3	输入电容.....	1-6
点电荷.....	1-3	匝间电容.....	1-6
库伦定律.....	1-3	寄生电容.....	1-7
库伦.....	1-4	分布电容.....	1-7

二、稳恒电流磁场

磁极.....	1-8	磁导率.....	1-11
磁场.....	1-8	自发磁化.....	1-11
均匀磁场.....	1-8	磁性饱和.....	1-11
磁感应强度.....	1-8	磁滞现象.....	1-11
高斯.....	1-8	磁滞回线.....	1-11
磁感应线.....	1-8	循环磁状态.....	1-12
磁场强度.....	1-8	增量磁滞回线.....	1-12
奥斯特.....	1-8	磁化曲线.....	1-12
磁力线.....	1-8	正常磁化曲线.....	1-12
磁通.....	1-9	饱和磁感应强度.....	1-12
磁通密度.....	1-9	饱和磁通密度.....	1-12
麦克斯韦.....	1-9	剩余磁感应强度.....	1-12
韦伯.....	1-9	剩余磁通密度.....	1-12
特斯拉.....	1-9	剩磁.....	1-13
磁矩.....	1-9	矫顽磁力.....	1-13
顺磁性.....	1-9	磁滞损耗.....	1-13
抗磁性.....	1-9	剩余损耗.....	1-13
居里温度.....	1-9	退磁磁场.....	1-13
奈耳温度.....	1-9	自退磁场.....	1-13
抵消温度.....	1-10	磁路.....	1-13
磁畴.....	1-10	磁路定律.....	1-13
畴壁.....	1-10	气隙.....	1-13
铁磁性.....	1-10	磁通势.....	1-13
反铁磁性.....	1-10	安匝.....	1-13
亚铁磁性.....	1-10	吉伯.....	1-13
磁致伸缩.....	1-10	安/米.....	1-14
退磁.....	1-10	磁阻.....	1-14
磁中性状态.....	1-10	磁导.....	1-14
磁化.....	1-10	漏磁通.....	1-14
磁化强度.....	1-11	电磁铁.....	1-14
饱和磁化强度.....	1-11	永久磁铁.....	1-14
磁化率.....	1-11	磁链.....	1-14

三、直流电路

电动势.....	1-15	电流源.....	1-15
电源.....	1-15	电压源.....	1-15

电位降.....	1-15	线性电路.....	1-17
电压降.....	1-16	非线性电路.....	1-17
端电压.....	1-16	等效电路.....	1-17
内阻压降.....	1-16	欧姆定律.....	1-17
电流.....	1-16	节点.....	1-17
直流.....	1-16	回路.....	1-17
安培.....	1-16	开路.....	1-17
电源内阻.....	1-16	短路.....	1-17
线性电阻.....	1-16	旁路.....	1-18
非线性电阻.....	1-16	串联.....	1-18
电阻.....	1-16	并联.....	1-18
电阻率.....	1-16	热电动势.....	1-19
电阻温度系数.....	1-17	热电效应.....	1-19
欧姆.....	1-17	压电效应.....	1-19
西门子.....	1-17	光电效应.....	1-19

四、交 流 电 路

周期电流.....	1-20	反相.....	1-22
交流.....	1-20	复数.....	1-22
正弦电流.....	1-20	复数模.....	1-22
周期.....	1-20	共轭复数.....	1-22
频率.....	1-20	矢量.....	1-22
赫兹.....	1-20	矢量图.....	1-23
波长.....	1-20	容抗.....	1-23
角频率.....	1-21	感抗.....	1-23
瞬时值.....	1-21	电抗.....	1-23
振幅.....	1-21	阻抗.....	1-23
平均值.....	1-21	有效电阻.....	1-23
有效值.....	1-21	复阻抗.....	1-23
波形因数.....	1-21	电纳.....	1-24
相位.....	1-21	导纳.....	1-24
初相角.....	1-21	负载.....	1-24
相角差.....	1-21	导纳三角形.....	1-24
相位移.....	1-22	阻抗三角形.....	1-24
滞后.....	1-22	电压三角形.....	1-24
超前.....	1-22	功率三角形.....	1-25
同相.....	1-22	瞬时功率.....	1-25
正交.....	1-22	平均功率.....	1-25

有功功率·····	1-25	效率·····	1-26
无功功率·····	1-25	绝对单位制·····	1-26
视在功率·····	1-25	绝对实用单位制·····	1-26
电流有功分量·····	1-25	国际实用单位制·····	1-27
电流无功分量·····	1-25	CGSE制·····	1-27
功率因数·····	1-25	绝对安培·····	1-27
伏安·····	1-26	国际安培·····	1-27
焦耳楞次定律·····	1-26	国际欧姆·····	1-27
功·····	1-26	尔格·····	1-27
能·····	1-26	焦耳·····	1-27
功率·····	1-26	瓦特·····	1-27

五、三相电与电机

三相制·····	1-28	T形接法·····	1-29
三相三线制·····	1-28	Z形接法·····	1-29
三相四线制·····	1-28	V形接法·····	1-29
多相制·····	1-28	对称电压·····	1-29
对称多相制·····	1-28	相电压·····	1-30
二相制·····	1-28	线电压·····	1-30
六相制·····	1-28	相电流·····	1-30
星形接法·····	1-28	线电流·····	1-30
中性点·····	1-28	直流电机·····	1-30
中性线·····	1-28	同步电机·····	1-30
三角形接法·····	1-28	交流电机·····	1-30
线路线·····	1-29	异步电机·····	1-30
火线·····	1-29	电动机·····	1-31

六、谐 振

谐振·····	1-32	耦合度·····	1-33
串联谐振·····	1-32	耦合系数·····	1-33
电压谐振·····	1-32	部分谐振·····	1-34
并联谐振·····	1-32	复谐振·····	1-34
电流谐振·····	1-32	全谐振·····	1-34
谐振频率·····	1-32	最佳耦合·····	1-34
谐振锐度·····	1-32	临界耦合·····	1-34
半功率点·····	1-33	紧耦合·····	1-34
通频带·····	1-33	松耦合·····	1-34
耦合电路·····	1-33	谐振曲线·····	1-34

失调·····	1-35	相对失调·····	1-35
一般失调·····	1-35	调谐·····	1-35

七、谐波分析

谐波分析·····	1-36	傅里叶级数·····	1-36
频谱图·····	1-36	傅里叶积分·····	1-37
基波·····	1-36	傅里叶变换·····	1-37
谐波·····	1-36	拉普拉斯变换·····	1-37
分次谐波·····	1-36		

八、过渡过程

过渡过程·····	1-38	电感的磁能积累·····	1-39
暂态过程·····	1-38	电感的磁能泄放·····	1-39
RC 电路的过渡过程·····	1-38	时间常数·····	1-39
电容器的充电·····	1-38	RLC 电路的过渡过程·····	1-40
电容器的放电·····	1-38	非线性电路中的过渡过程·····	1-40
RL 电路的过渡过程·····	1-39		

九、交变电磁场

电磁场·····	1-41	电磁场的边界条件·····	1-43
电磁能·····	1-41	媒介质·····	1-43
电磁感应·····	1-41	电磁波·····	1-43
楞次定律·····	1-41	电磁波频谱·····	1-43
法拉第感应定律·····	1-41	理想介质·····	1-43
自感应现象·····	1-41	各向同性介质·····	1-43
自感系数·····	1-41	各向异性介质·····	1-44
电感·····	1-41	旋磁介质·····	1-44
亨利·····	1-41	法拉第旋转·····	1-44
互感应现象·····	1-41	双折射·····	1-44
互感系数·····	1-41	旋电介质·····	1-44
涡流·····	1-42	辐射·····	1-44
涡流损耗·····	1-42	辐射能·····	1-44
趋肤效应·····	1-42	标量势·····	1-44
穿透深度·····	1-42	矢量势·····	1-44
传导电流·····	1-42	感应场·····	1-44
位移电流·····	1-42	辐射场·····	1-45
运流电流·····	1-42	镜象原理·····	1-45
麦克斯韦场方程组·····	1-42	能流密度矢量·····	1-45

- 玻印亭矢量.....1-45
- 电磁波的极化.....1-45
- 电磁波的偏振.....1-45
- 极化方向.....1-45
- 极化面.....1-45
- 垂直极化.....1-45
- 水平极化.....1-45
- 平面极化.....1-45
- 线极化.....1-45
- 圆极化.....1-45
- 右圆极化.....1-46
- 左圆极化.....1-46
- 椭圆极化.....1-46
- 等相面.....1-46
- 等幅面.....1-46
- 球面波.....1-46
- 平面波.....1-46
- 柱面波.....1-46
- 横波.....1-46
- 纵波.....1-46
- 波前.....1-46
- 波前倾斜.....1-46
- 无线电波传播方向.....1-47
- 电磁波二次辐射.....1-47
- 电磁波的反射.....1-47
- 电磁波的折射.....1-47
- 电磁波的反射系数.....1-47
- 电磁波的折射系数.....1-47
- 电磁波的折射指数.....1-47
- 极化角.....1-47
- 布儒斯特角.....1-48
- 惠更斯原理.....1-48
- 电磁波的干涉.....1-48
- 导波.....1-48
- 传输线的反射系数.....1-48
- 驻波.....1-48
- 行波.....1-49
- 波腹.....1-49
- 波节.....1-49
- 驻波线.....1-49
- 行波线.....1-49
- 行波系数.....1-49
- 驻波比.....1-49
- 阻抗圆图.....1-49
- 导纳圆图.....1-50
- 史密斯圆图.....1-50

一、静 电

电工基础

fundamentals of electric and electronic engineering

电工基础所涉及的内容相当广泛,通常包括静电场、恒定电流的磁场、直流电路、交流电路、过渡过程、谐振电路、交变电磁场以及交直流电机等方面的内容。现代任何复杂的无线电设备,在很大程度上都可以分解为这些基本电路,或用有关的原理加以说明,这就足以说明,它作为无线电技术的基础的重要意义。

概括地说,电工基础所包含的不外乎“场”和“路”两个方面。对于“场”的研究着重从现象的物理本质上阐明问题;而“路”的方面则更为实用和方便。另一方面,在低频下可以认为电压和电流的效应是在系统各处同时建立起来的,往往无需深究复杂的场结构;而当频率愈来愈高时,任何实际电路的尺寸都变得与波长可相比拟,甚至“电压”与“电流”亦将失去确切的涵义,于是不得不从场的结构方面进行研究和设计,只有在适当的条件下方能应用等效电路的概念。

人们对于电工基础的研究,历史已经很久,许多概念、定理、应用都已十分成熟,从这种意义上说,它是“经典”的,但是,随着生产的不断发展,人们的认识也愈来愈深化,出现了许多新概念、新应用,值得重视。

物质

matter

列宁说:“物质是作用于我们的感官而引起感觉的东西,物质是我们感觉到的客观实在”。自然界中客观存在的一切都是物质,一般所指的物质是由分子组成。空气和

水,煤和石油等,都是具体的物质形态。物质的形态很多,除了我们常见的固体、液体和气体等以外,“场”也是物质,如电场、磁场等。所有的物质都是在不断地运动、变化着。

原子

atom

它是化学变化中的最小微粒(即用一般化学方法不能分解的最小粒子),由带正电荷的原子核和环绕原子核运行的带负电荷的电子组成。在正常状态下原子是不带电的,即原子核所带正电的电量 and 核外电子所带负电的电量相等。当原子获得了一个或几个电子,就成了负离子;失去了一个或几个电子,就成了正离子。这种带电的原子称为离子。原子大小的数量级为 10^{-8} 厘米。

原子核

atomic nucleus

它主要是由质子和中子组成的,带有正电荷。原子的质量几乎全部集中于原子核。它的大小的数量级为 $10^{-12} \sim 10^{-13}$ 厘米。

质子

proton

它是组成原子核的基本粒子之一,带有正电荷,其电量和电子的电量相等,而其质量为电子的 1836 倍。

中子

neutron

它也是组成原子核的基本粒子之一,不带电,其质量与质子的质量相近。

电子

electron

它带负电,每一电子所带的负电量为

4.8×10^{-10} 绝对静电单位, 或 1.6×10^{-19} 库伦。

它的质量很小, 约为最轻原子——氢原子质量的 $\frac{1}{1836}$ 。

分子

molecule

它是保持原物质基本化学性质的最小微粒, 由同一种原子或由数种原子所组成。由同一种原子组成的, 如氧、氢和铁等分子; 由数种原子组成的, 如水和硫酸等分子。

中性体

neutral body

任何物体中都有正负电荷存在, 但在常态下它的正负电荷的数量总是相等的, 所以称为中性体。

带电体

charged body

中性体失去或得到电荷时, 便成为带电体。

导电性

electrical conductivity

物体传导电流的性质称为导电性。例如, 在金属导体中, 每个原子的外层电子可在整个体积中自由运动, 这种电子称为自由电子。在外界场的作用下, 自由电子作定向运动, 形成电流。其它如电解液、超导体和半导体等, 各有其导电性能。

导体

conductor

在物体内, 若其带电质点(电子或离子)能够自由运动, 这种物体称为导体, 如金属及电解液都是导体(通常又称电解液为第二类导体)。

电导

conductance

物体传导电流的本领称为电导。电导数值可用电流与电压的比值来度量。在直流电路中, 这个数值就是电阻的倒数, 单位为姆欧, 常用符号 \square 表示。

电导率

conductivity

电阻率的倒数称为电导率, 正如电阻的倒数是电导一样。电导率又称电导系数, 也是衡量物质导电性能好坏的一个物理量。常用字母 “ γ ” 表示, 单位为 米/欧姆·毫米²。

电导系数

specific conductance

见“电导率”。

电介质

dielectric

不导电的物质(或导电性不好的物质)称为电介质, 简称介质, 亦称绝缘体。例如, 空气、水(纯净的)、木(干的)、玻璃、石英(二氧化硅)、云母、陶瓷、塑料、橡胶、金属的氧化膜等都是电介质。

绝缘体

insulator

见“电介质”。

均匀介质

uniform dielectric

介质中各处的介电常数 ϵ 相同时, 称为均匀介质。也就是各处有相同极化率 K 的电介质。

非均匀介质

non-uniform dielectric

介质中各处的介电常数 ϵ 不相同, 称为非均匀介质。也就是极化率 K 随各点而异的电介质。

介电常数

dielectric constant; permittivity

介质在外电场中, 由于极化而出现极化电荷, 于是在外电场上叠加一个极化电荷的电场, 而这个电场的方向与外电场的方向相反, 因此, 介质内部的合电场减弱。如果在真空中的场强为 E_0 , 则在介质中的场强 $E = \frac{E_0}{\epsilon}$, ϵ 称为介质的介电常数。它是表示物质绝缘能力特性的一个系数, 单位

为法拉/米。

相对介电常数

relative permittivity

电容器的极板间充满电介质时的电容和极板间为真空时的电容之比值,称为相对介电常数,以符号“ ϵ_r ”表示。在绝对静电单位制中,介质的相对介电常数就是其介电常数。

介质极化

dielectric polarization

在介质中电荷成对地结合。对无极分子来说,它的正、负电荷中心是重合的。在外电场的作用下,原来重合的正、负电荷中心发生相对位移,因而在介质表面出现净的正的和负的电荷,这就称为介质的极化。在介质表面出现的净电荷称为极化电荷。对有极分子来说,它原来就具有极性,但由于分子的热运动,使趋向紊乱无规则,因此,介质的内部和表面都没有净的电荷。在外电场的作用下,分子改变自己的趋向,于是介质发生极化,在介质表面出现极化电荷。

介质损耗

dielectric loss

电介质处于交变电场中,由于介质极化的进程与返程有差别而形成滞后现象,这时所产生的能量损耗称为介质损耗。通常频率愈高,损耗愈大,因此,在高频场中,只能应用低损耗的介质。

介质泄漏

dielectric leakage

任何介质都有一些导电性。也就是说,介质的电阻率即使是无限大,但也总有一定的极限,因而在介质中便能通过电流。这种现象称为介质泄漏,而这种电流就称为泄漏电流。

漏电流

leakage current

见“介质泄漏”。

击穿

breakdown

不导电的物质在电场的作用下变成导电,则为击穿。例如,电容器两端电压过高,会使夹在其中的电介质击穿。

击穿电压

breakdown voltage

电介质被击穿时的最小电场强度,称击穿电场强度。与此相对应的电极间的电压称击穿电压。击穿电压不仅和电介质有关,而且还和电极形状以及极间距离有关。

电荷

electric charge

指物体的带电质点。任何物体都含有大量极微小的带电质点,在正常条件下,这些带电质点的正、负电荷在数量上是相等的。

电荷彼此之间起“同性相斥,异性相吸”的作用,这是电荷在其周围产生电场所致。电荷间相互作用之力与电荷的多少成正比,与电荷间距离的平方成反比,可根据库伦定律求得。电荷以字母“ Q ”表示,单位为库伦。一个电子的电荷是 1.6×10^{-19} 库伦。

点电荷

point charge

在研究带电体之间的相互作用时,如果带电体本身的大小比它们之间的距离小得多,就可以认为分布在带电体上的电荷是集中在一点上。这样的带电体称为点电荷。

库伦定律

Coulomb's law

这是说明点电荷间的相互作用力的定律:两个点电荷之间的相互作用力的方向是沿着它们的联线的方向,力的大小 F 正比于两点电荷的电量 q_1 与 q_2 的乘积,反比于两点电荷间的距离的平方 r^2 。用数学式表示为 $F = -\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon r^2}$, 式中电量的单位是库伦,距离的单位是米, ϵ 是电荷所在的介质的介电常数,对于真空, $\epsilon = 8.854 \times 10^{-12}$ 库伦²/牛顿·米²,

所标出的力的单位是牛顿。

在绝对静电单位制中, 库伦定律的数学表示式是 $F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$ (对于真空, $\epsilon=1$), 式中力的单位是达因, 距离的单位是厘米, 电量的单位称为绝对静电单位制的电量。

库伦

coulomb

电量的实用单位。一安培的电流在一秒内通过的电量称为一库伦。

一库伦的电量等于 3×10^9 绝对静电单位制的电量。

静电感应

electrostatic induction

导体在附近带电体的作用下, 靠近带电体的一端产生与带电体异性的电荷, 另一端则产生与带电体同性的电荷, 这种现象叫做静电感应。

静电感应的原因, 是导体间的自由电子受外界电荷的力的作用; 移动到导体的一端, 使这一端有过多的电子, 引起负电荷的出现; 而另一端, 由于缺乏电子, 就出现正电荷。这两部分电荷的电量相等, 如果把带电体移去, 感应电荷立即中和而消失。

静电屏蔽

electrostatic shielding

一个绝缘的导体, 在外界电场的作用下, 会发生静电感应现象。如果用一个金属罩将此导体罩住, 则此导体就不会发生静电感应现象。这种静电感应的作用被隔断, 就叫做静电屏蔽。

电离

ionization

中性原子或分子由于外界原因, 变成正离子和负离子的过程, 称为电离。

离子

ion

离子有正离子和负离子。

中性原子失去自己的一个或数个电子,

就成了正离子。中性原子获得一个或数个电子, 就成了负离子。

消电离

deionization

正离子和负离子, 或正离子和电子重新结合, 变成中性的分子或原子的过程称为消电离。

电解液

electrolyte

在溶剂的作用下, 某些物质 (如食盐) 的分子能分解为正离子和负离子。这种溶液叫做电解液。因为电解液中有自由活动的离子存在, 所以也能导电。

电晕

corona

气体在强电场的作用下, 当电压超过气体的游离电压, 气体被电离, 就发生局部放电。这时首先在导体的周围发出辉光, 这种现象叫做电晕。出现电晕的起始电压, 叫电晕电压。

电场

electric field

在每一电荷的周围空间都存在着电场。电场是物质存在的一种形式, 这种物质具有特殊的性质。当在电场中放进一个带电体时, 这个带电体便会受到电场对它的作用力。电荷与电荷间的相互作用, 都是通过电场进行的。

电场强度

electric intensity

在电场中放入一电荷, 则该电荷会受到力的作用。同一电荷在不同的位置上可能受到不同的力。为了表示电场中各点的性质, 规定了电场强度这个物理量, 以单位正电荷在电场中所受的力来量度, 即:

$$\text{电场强度 } E = \frac{\text{电荷所受的力}}{\text{电荷的电量}}$$

电场强度是一个矢量, 其方向就是正电荷所

受的力的方向。

电场强度的绝对静电单位是 达因/一个绝对静电单位的电量。

电场强度的实用单位是 牛顿/库伦或 伏特/米。

静电场

electrostatic field

电场中每点的电场强度（或电位），如不随时间变化，则称其为静电场。

均匀电场

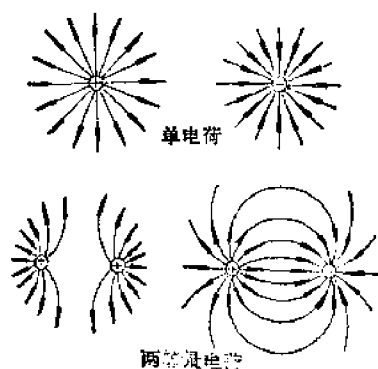
uniform electric field

如果空间各点的电场强度不等于零，而且它们的大小和方向都相同，则称此种电场为均匀电场，否则称为非均匀电场。

电力线

lines of electric force

电力线实际上并不存在，是人们为了形象地描绘电场情况而引入的。电力线是这样画出的线，它上面任何一点的切线都与在该点的点电荷所受的力的方向相同。这样决定的电力线具有如下的一些性质：它从正电荷出发而终止在负电荷上；两电力线不能相交；电力线的疏密情况由该点电场强度的大小决定。下图为单个电荷及两等量电荷所产生的电场的电力线的分布情况。



电力线示意图

电通量

electric flux

某点电场强度与通过该点并垂直于该点

电场方向的某一小面积的乘积，称为通过该面积的电通量。若利用电力线的概念，电通量可理解为通过该面积的电力线的根数。

电通密度

electric flux density

通过单位面积的电通量，称为电通密度。

电位移

electric displacement

电位移亦称电感应强度，它是一个矢量，以 \vec{D} 表示。对各向同性介质，它等于电场强度 \vec{E} 和介质的介电常数 ϵ 的乘积，即 $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ 。

电位

electric potential; potential

在电场中，一个带电体带有正电荷 q ，它的位能为 W_p ，如令 $W_p/q = V$ ，则 V 的数值等于单位正电荷的位能，即指该电场在该点的电位。

电场在某点的电位，其大小等于把单位正电荷从无限远处移到该点所作的功。

等位面

equipotential surface

如果某一面（平面或曲面）上的电位都相同，则此面称为等位面。

电位差

potential difference

电场内两点电位的差数称为电位差，也叫做电压。符号以“ U ”表示，单位为伏特。

电压

voltage

见“电位差”。

伏特

volt

它是电位或电压的单位。将一库伦的电量自无限远处移至某点所作的功若为一焦耳时，则该点的电位为一伏特：

$$1 \text{ 伏特} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 库伦}}$$

电子伏特

electron-volt

电子伏特是能量的单位,常用符号 e_v 表示。一个电子伏特等于 1.601×10^{-19} 焦耳,它是一个电子经过一个伏特的电位差时所得到的能量。当采用电子伏特作为能量的单位时,电子在电场中运动所得到的能量在数值上等于所经过的电位差的伏特数。例如,经过 100 伏特电位差的加速,电子得到 100 电子伏特的能量。

电位梯度

electric potential gradient

梯度是表示某量在空间变化情况的矢量。梯度的方向是该量变化最剧烈的方向,梯度绝对值是该量在某一距离内所发生的变化对此距离的比值。电位梯度是说明电场内某点某方向在一定距离内电位变化程度的物理量,换句话说,就是在电场内沿垂直于等位面的方向移动时,电位梯度是单位距离的电位增量。以数学式表示为:电位梯度 $= -\frac{\Delta V}{\Delta n}$, 式中, ΔV 为电位增量, Δn 为垂直于等位面方向的移动距离。此比值的绝对值恰为电场强度,因此,电场强度也常用电位梯度来表示,即电场强度与电位梯度大小相等,方向相反。

电容

capacitance

在任意相互绝缘的二个导体上,加有一定的电位差时,具有储存电荷的性质。所储存的电荷和电位差之比称为导体的电容,即:

$$\text{电容}(C) = \frac{\text{电量}(Q)}{\text{电位差}(U)}$$

电容的实用单位是法拉。

法拉

farad

当电容器的二极板间电压为 1 伏特,而每个极板上的电量为 1 库伦时,这个电容器就具有 1 法拉的电容,简称法 (F),即:

$$1 \text{ 法拉} = \frac{1 \text{ 库伦}}{1 \text{ 伏特}}$$

由于法拉这个单位太大,所以实用上常用较小的单位即微法 ($1 \mu F = 10^{-6} F$),微微法 ($1 \mu\mu F$ 或 $1 pF = 10^{-6} \mu F = 10^{-12} F$)。

在应用绝对单位制时电容用长度厘米 (cm) 来表示,此时 $1 \text{ 法拉} = 9 \times 10^{11} \text{ 厘米}$ 。

电容器的串联和并联

capacitor in series and parallel

并联电容器组的总电容等于各个电容器电容之和:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

串联电容器组的总电容的倒数等于各个电容器电容的倒数之和:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

充电

charge

通常所指为:

1. 凡蓄电池经相当时间使用后,内阻升高,应用外界电源之电流输入电池,以恢复原状,称为充电。

2. 在电容器二端加上一定直流电压,使得一极板得正电,另一极板得负电,也称为充电。

放电

discharge

凡是带电物体释放电荷的现象,都称为放电。通常所指为: 1. 蓄电池传送电能的过程。2. 电容器释放原来所储存电荷的过程。3. 电流通过气体的过程。

输入电容

input capacitance

各种器件输入电路所具有的电容。如晶体管电路,其输入电容包含有极间电容和输入引线的寄生电容等。

匝间电容

turn-to-turn capacitance

线圈线匝间所具有的电容。

寄生电容

parasitic capacitance

由于元件的结构或排列等原因所引起的附加电容，统称为寄生电容，如极间电容或匝间电容等。

分布电容

distributed capacitance

分布电容是导线、线路等各单独段落所具有的电容。这种电容的分布基本上是均匀的，与普通电容器的集中电容有别。

二、稳恒电流磁场

磁极

magnetic pole

把磁针中心放在一个尖端上,如果周围没有其它磁性物质,它将转动到指向南北的方向,然后停止。指向北方的一端称为磁针的北极(N极),指向南方的一端称为磁针的南极(S极)。南极和北极总是成对存在的。

磁场

magnetic field

把磁针放在永久磁铁附近,磁针就发生偏转。这种使磁针发生偏转的现象,在运动的带电体和载流导线的周围同样可以看到,这是因为这些物体周围的空间都存在磁场。磁场的存在通常表现在对磁针和运动电荷具有作用力。

任何电流回路,电子的轨道运动或自旋,或它们的任何组合,如被磁化了的物体内外及运动电荷周围,都存在着磁场。

均匀磁场

uniform magnetic field

如果磁场里每一点的磁感应强度的大小和方向都相等,那么这种磁场就叫均匀磁场。例如,无限长螺线管中的磁场就是均匀磁场。反之如果磁场里各点的磁感应强度不是相等的,那么这种磁场就叫非均匀磁场。例如,一根直的载流导线周围的磁场就是非均匀磁场。

磁感应强度

magnetic induction density

是描述磁场的大小和方向的一个物理量。磁场作用于电流元 $id\vec{l}$ 上的力 $d\vec{F}$,等于此电流元与磁感应强度 \vec{B} 的矢量积,即

$$d\vec{F}=id\vec{l}\times\vec{B}$$

式中 B 的单位为韦伯/米²,即特斯拉; i 的单位为安培; l 的单位为米; F 的单位为牛顿。

高斯

gauss

磁感应强度单位。如果一根直导线放在磁场内,通过导线的电流为1安培,电流方向和磁场的方向垂直,导线的长度为1米,导线受到的力为 10^{-4} 牛顿/安培米= 10^{-4} 伏特·秒/米²。

磁感应线

lines of magnetic induction

为了描绘磁场中各点磁感应强度 \vec{B} 的分布情况,在磁场中作出一些曲线,使曲线上每一点的切线方向和该点的 \vec{B} 方向一致,线的密度和 \vec{B} 的大小成正比,这样得到的曲线就称磁感应线。

磁场强度

magnetic field intensity

这是一个表示磁场中各点磁力大小和方向的量,它与产生该磁场的电流大小和载流导线的形状有关,它等于磁感应强度与导磁率之比值。磁场强度用 \vec{H} 表示,单位为安培/米或奥斯特。

奥斯特

oersted

磁场强度 \vec{H} 的单位。在真空中一个半径为1厘米,通有 $\frac{1}{20}\pi$ 安培电流的圆环,其中心的磁场强度为1奥斯特。

磁力线

magnetic line of force

磁力线是用来描画磁场结构的一种曲线。其上各点切线的方向表示磁场 \vec{B} 的方向,密度和 \vec{B} 的大小成正比。

磁通

magnetic flux

磁感应强度及与之相垂直面积的乘积叫做该面积的磁通。磁通用 Φ 表示。单位为韦伯或麦克斯韦。

磁通密度

magnetic flux density

因为磁感应强度就是单位面积上的磁通，所以磁感应强度的大小又叫磁通密度。

单位为韦伯/米²或高斯。

麦克斯韦

maxwell

磁通单位。如果在1平方厘米面积内磁感应强度处处均为1高斯，则通过此面积的磁通为1麦克斯韦。麦克斯韦用 M_x 表示。

1麦克斯韦等于 10^{-8} 韦伯。

韦伯

weber

磁通单位，它是麦克斯韦的 10^8 倍。韦伯用Wb表示。

特斯拉

tesla

它是国际单位制中的磁感应强度的单位，用T表示，数值上等于1韦伯/米²或 10^4 高斯。

磁矩

magnetic moment

磁矩 \vec{m} 是表征一个平面电流回路磁效应的强弱与方向的一个物理量。当回路中流过的电流为 I ，回路的面积为 A ，该回路具有的磁矩为： $\vec{m} = I \cdot A$ 。

顺磁性

paramagnetism

有些物质内各原子的固有磁矩是无规则的，因而整个物质不呈现磁性。当加有外磁场时，原子的固有磁矩就沿着外磁场方向排列得整齐一些，从而整个物质就呈现出与外磁场方向一致的微弱磁矩。这种性质叫做顺

磁性。

例如氧，一氧化氮，铂，稀土金属，铁、钴、镍的盐类等是顺磁性材料。由于外磁场在材料内部所产生的微弱磁矩与外磁场方向一致，所以，其磁化率具有微小的正值，数量级约为 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 。

抗磁性

diamagnetism

有些物质的原子不具有固有磁矩，在外加磁场作用下，由于电磁感应，使电子的运转发生变化，抵消一部分外磁场。这种性质叫做抗磁性，也叫反磁性或逆磁性。

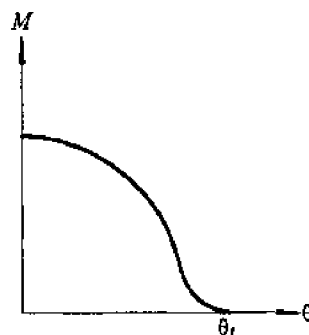
抗磁性是普遍存在的，所有物质都具有。但是，在很多情况下，微弱的抗磁性被更强的顺磁性所掩盖而观察不出来。在抗磁性材料中的磁场要比外加磁场小。

居里温度

curie temperature

铁磁材料高于某一温度 θ_i 时，自发磁化强度 M 为零，这一温度叫做居里温度，即铁磁性材料（或亚铁磁材料）由铁磁状态（或亚铁磁状态）转变为顺磁状态的临界温度，如图所示。

居里温度亦称居里点。



磁化强度与温度的关系曲线

奈耳温度

neel temperature

反铁磁性材料（或亚铁磁性材料）由反铁磁状态（或亚铁磁状态）转变为顺磁状态的临界温度。

亚铁磁性材料的奈耳温度即是居里温

度。

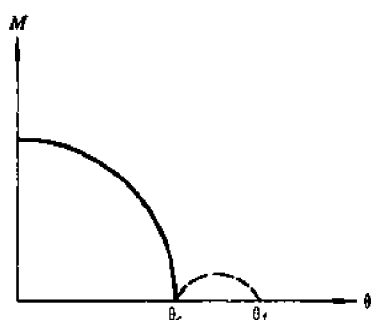
奈耳温度亦称奈耳点。

抵消温度

compensation temperature

某些亚铁磁材料在低于居里温度的某一温度 θ_c 时, 磁矩有秩序的排列互相抵消, 自发磁化强度 M 为零, 这一温度称为抵消温度, 如图所示。

抵消温度亦称抵消点。



亚铁磁材料的 $M-\theta$ 曲线

磁畴

magnetic domain

居里温度以下, 磁性体中存在着许多自发磁化的小区域, 这样的小区域称为磁畴。

畴壁

domain wall

在相邻的磁畴之间, 存在着磁矩方向逐步改变的过渡层, 这个过渡层称为畴壁。

铁磁性

ferromagnetism

在居里温度以下, 具有自发磁化的原子(或离子)磁矩在一定区域内按同一方向平行排列, 这种性质称为铁磁性。

反铁磁性

anti-ferromagnetism

在奈耳温度以下, 具有自发磁化的原子(或离子)磁矩, 在一定区域内, 按反方向平行排列, 合成磁矩为零, 这种性质称为反铁磁性。

亚铁磁性

ferrimagnetism

在奈耳温度以下, 具有自发磁化的原子(或离子)磁矩, 在一定区域内有秩序的排列磁矩部分抵消, 但仍有合成磁矩, 这种性质称为亚铁磁性。

磁致伸缩

magnetostriction

指磁性体由于磁化状态变化所引起的长度或体积变化的现象。同时也包括由应力所产生的磁化状态的变化。

利用磁致伸缩现象可以制成各种器件, 如超声、水声和其它换能器件, 机械滤波器等。磁致伸缩现象的研究, 有助于阐明强磁性体内各种相互作用和磁化过程。

退磁

demagnetization

使磁性材料失去磁性, 亦即使它达到磁感应强度和磁场强度均为零的过程称为退磁或去磁。

退磁的方法通常有:

(1) 静态退磁: 加一个与磁性体原磁化方向相反的磁场, 这反磁场的强度应保证当它撤去后, 恰使磁性体的磁感应强度变为零。由此所得到的磁中性状态称为静态磁中性状态。

(2) 动态退磁: 将足够强的交变磁场作用于磁性体, 然后逐渐减小交变磁场的振幅到零值。由此得到的磁中性状态称为动态磁中性状态。

(3) 热致退磁: 将磁性体加热到居里温度以上, 然后在无外磁场作用的情况下进行冷却。由此得到的磁中性状态称为热致磁中性状态。

磁中性状态

magnetic neutral state

磁性体的磁感应强度和磁场强度均为零的状态, 称为磁中性状态, 亦称退磁状态。

磁化

magnetization

系指在外磁场作用下,使磁性体感应出磁化强度的过程。其中包括两类过程:(1)畴壁位移;(2)转动磁化。

磁化强度

intensity of magnetization

表征物体磁化程度和方向的一个物理量,等于单位体积内磁矩的矢量和。磁化强度用 \vec{M} 表示。

饱和磁化强度

saturation magnetization

指磁饱和状态下磁化强度值,用 \vec{M}_s 表示。单位为安/米或高斯。

磁化率

magnetic susceptibility

磁化强度 \vec{M} 与磁场强度 \vec{H} 之比,是表示材料磁特性的参数。磁化率用 χ 表示。

磁导率

permeability

磁感应强度 \vec{B} 与磁场强度 \vec{H} 之比,称为磁导率,也称为绝对磁导率或磁导系数。是衡量物质导磁性能的一个系数。

物质的绝对磁导率与真空绝对磁导率之比,称为相对磁导率。相对磁导率用 μ 表示。单位为 m^2/A 。

自发磁化

spontaneous magnetization

当具有磁矩的原子(或离子)之间存在着很强的相互作用时,在低于某一温度(居里温度)和无外加磁场的情况下,它们的磁矩在一定区域内(磁畴)形成方向性的有秩序排列现象称为自发磁化。由此产生的单位体积内磁矩的矢量和,称为自发磁化强度。

磁性饱和

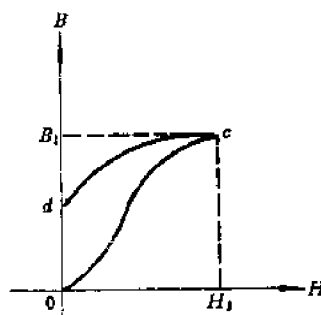
magnetic saturation

磁性体受到足够强的外磁场作用,磁化强度基本上不再随外磁场增加而增加的现象,称磁性饱和。

磁滞现象

magnetic hysteresis

磁性体的磁化很显著的特点是存在着不可逆性,即当磁性体置于外磁场中并使外磁场逐渐增加,则磁性体的磁感应强度随之增加,此时如减小 H 值,则 B 随 H 虽逐渐减小但不是循原来的途径返回。如图所示,设磁性体磁化达到磁化曲线的 C 点时, $H=H_1$, $B=B_1$ 。当减小 H 时, B 随 H 的改变是沿着比原来的途径稍高的一段曲线 cd 而减小,当 $H=0$ 时 B 不等于零,即磁性体中 B 的变化滞后于 H 的变化,这种现象称为磁滞现象。

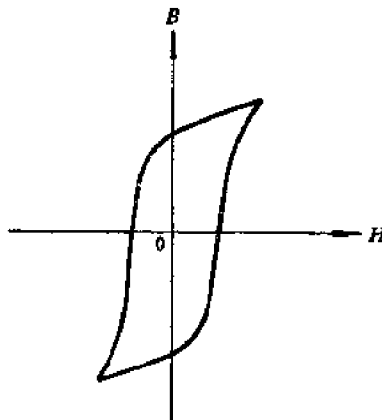


B-H 曲线

磁滞回线

magnetic hysteresis loop

表示磁化场循环改变时,磁性体中的磁感应强度(磁化强度)随之而变化的闭合曲线,称为磁滞回线。磁性体处于循环磁化状态时得到相对于坐标原点对称的磁滞回线,称为正常磁滞回线。磁化达到饱和状态的正



磁滞回线示意图

常磁滞回线, 称为饱和磁滞回线。

循环磁状态

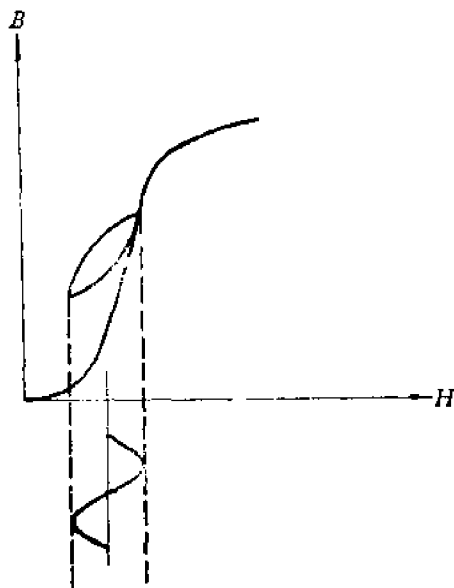
cyclic magnetic condition

磁性体受到某一磁场正反方向的反复磁化, 达到闭合磁滞回线的磁状态叫做循环磁状态。这时磁滞回线与循环次数无关。

增量磁滞回线

incremental hysteresis loop

在稳恒磁场作用下, 在其同方向叠加交变磁场后获得的磁滞回线称为增量磁滞回线。其典型回线如图所示。

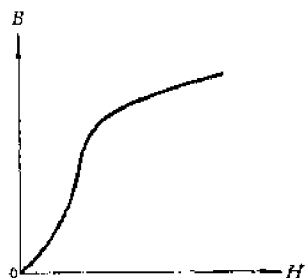


增量磁滞回线示意图

磁化曲线

magnetization curve

磁性体从磁中性状态开始, 受到一个从零单调增加的磁场作用时所得到的磁感应强



磁感应强度的初始磁化曲线

图 1



磁化强度的初始磁化曲线

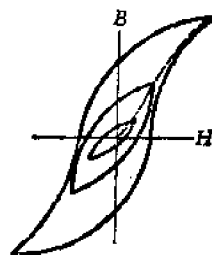
图 2

度或磁化强度随磁场强度变化的曲线称为磁化曲线, 亦称初始磁化曲线。

正常磁化曲线

normal magnetization curve

加一个交变磁化磁场, 改变振幅可以获得一系列不同的正常磁滞回线, 顺序联接这些回线的顶点所得到的曲线 (图中用虚线表示的曲线), 称为正常磁化曲线, 也称基本磁化曲线或实用磁化曲线。



正常磁化曲线

饱和磁感应强度

saturation induction density

磁性体被磁化到饱和状态时的磁感应强度或磁通密度, 通常用 B_s 表示。

饱和磁通密度

saturation magnetic flux density

即“饱和磁感应强度”。

剩余磁感应强度

residual magnetic flux density

从磁性体的某一磁化状态, 沿正常磁滞回线, 把磁场 (包括退磁场) 单调地减小到零时的磁感应强度 (磁通密度)。

剩余磁通密度

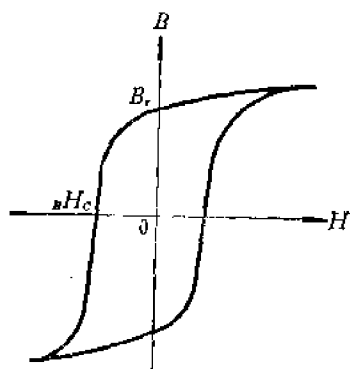
residual magnetic flux density

即“剩余磁感应强度”。

剩磁

residual magnetism

从磁性体的饱和磁化状态,把磁场(包括退磁场)沿饱和磁滞回线,单调地减小到零时的磁感应强度(磁通密度)。剩磁用 B_r 表示。



饱和磁滞回线

矫顽磁力

coercive force

从磁性体的饱和磁化状态,沿饱和磁滞回线单调地改变磁场,使磁感应强度减小到零时的磁场强度。矫顽磁力用 H_c 表示,如“剩磁”附图所示。

磁滞损耗

magnetic hysteresis loss

当磁场随时间变化时,在磁性材料中由磁滞引起的损耗称为磁滞损耗。其表现形式就是具有磁滞回线,其大小与静态磁滞回线所包围的面积成正比。

剩余损耗

residual loss

是总磁损耗中除去涡流损耗和磁滞损耗之后所剩余的损耗。在低频或弱磁场中,剩余损耗主要是磁后效损耗;在较高或高频情况下,剩余损耗主要有尺寸共振损耗,畴壁共振损耗,自然共振损耗。

退磁磁场

demagnetize field

要使磁化后有剩余磁性的材料去磁,必须加以与原来磁化时方向相反的磁场,这种磁场叫做退磁磁场。

另外,当磁性材料在外磁场中磁化时,由于自由磁极的出现,材料内部也产生与外磁场方向相反的磁场,这种磁场叫做材料本身的退磁场。

自退磁场

self-demagnetizing field

在磁性体中,由于磁化强度的不连续性所产生的与原磁化强度方向相反的内磁场。

磁路

magnetic circuit

是指主要由磁性材料组成的,包括气隙在内磁通通过的回路称为磁路。

磁路定律

law of magnetic circuit

磁通势在磁路中产生磁通。磁通势 F_m 和磁通 Φ 的关系为 $F_m = \Phi R_m$ 。式中, R_m 为磁路的磁阻。此关系即为磁路定律。

气隙

air gap

指磁路中磁性体之间的空气隙。

磁通势

magnetomotive force (MMF)

在电路中产生电流的推动力是电动势,与此相似,在磁路中产生磁通的称磁通势,也称磁动势或简称磁势。它的值等于绕在磁路上线圈的匝数与流过线圈的电流的乘积。磁通势用 F_m 表示。

安匝

ampere-turn

磁通势单位。它等于线圈匝数与通过线圈的电流的乘积。

吉伯

gilbert

磁通势单位。约等于 0.8 安匝。

安/米

ampere/meter

MKSA 单位制中磁场强度的单位。

在真空中, 当 1 安培的电流沿一根直长导线流动时, 在距该导线 $\frac{1}{2\pi}$ 米处所产生的磁场强度为 1 安/米。 $1 \text{ 安/米} = 4\pi \times 10^{-3}$ 奥斯特。

磁阻

reluctance

磁阻是表示磁路对磁通的阻碍作用, 其值等于磁通势与磁通之比。磁路愈短, 截面愈大, 磁导率愈大, 则磁阻愈小。磁阻用 R_m 表示。

磁导

magnetic permeance

磁阻的倒数称磁导, 常用 Λ 表示。**漏磁通**

leakage magnetic flux

指没有经过主磁路的那一部分磁通。

电磁铁

electromagnet

在有工作气隙的铁心上绕有线圈, 只有当有电流通过线圈时, 铁心被磁化, 在工作气隙中产生较强的磁场。这样的装置称电磁铁。

永久磁铁

permanent magnet

用剩余磁感应强度和矫顽力都较大的铁磁材料, 经磁化后制成的磁铁称为永久磁铁。

磁链

flux linkage

环链着某一线圈的磁通与线圈匝数的乘积称为磁链, 亦称通匝。

三、直 流 电 路

电动势

electromotive force

由于非静电的外力作用, 将导体内部的正负电荷推移到导体的两端, 使导体的两端具有电位差 (与静电感应不同), 这个电位差叫做电动势。电动势也以伏特来度量。

电源

source

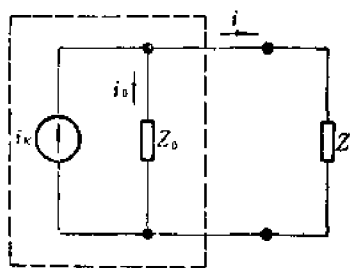
能将其他形式能量转换成电能的设备称为电源。发电机、蓄电池和光电池等都是电源, 它们分别把机械能、化学能和光能等转换成电能。

为了某种特定的目的, 能提供信号的电子设备, 称为信号源, 有时也叫做电源。

电流源

current source

用一个恒定电流 i_K 和一个阻抗 Z_0 相并联的电路来表示的电源称为电流源, 其 Z_0 称为电流源的内阻 (见图)。



电流源电路图

如果电源的内阻 Z_0 远大于负载 Z , 则当负载改变时, 流经负载的电流基本上保持不变, 即 $i = i_K - i_0 \approx i_K$ 。这样的电流源叫做恒流源。

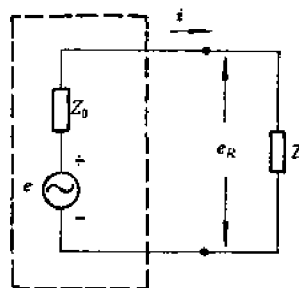
对于内阻大的电源, 通常用电流源表示。例如, 晶体管输出端的等效电源可用电流源

表示。

电压源

voltage source

用一个恒定电动势 e 和一个阻抗 Z_0 相串联的电路来表示的电源称为电压源, 其 Z_0 为电压源的内阻 (见图)。



电压源电路图

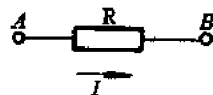
如果电源的内阻 Z_0 远小于负载 Z , 则当负载改变时, 负载两端的电压基本上保持不变, 即 $e_R = e - iZ_0 \approx e$ 。这样的电压源叫做恒压源。

对于内阻小的电源通常用电压源表示。市电发电机就是电压源的典型例子。

电位降

potential drop

如图所示, 在 A 、 B 两点之间接一电阻器 R , 有电流 I 由 A 点经过电阻器 R 流向 B



A 、 B 之间的电位降

点。我们知道电流是从高电位流向低电位的, 因此, A 点的电位比 B 点的电位高, 也就是说从 A 点到 B 点有一个电位降落, 或简称电位降, 亦称电压降。这个电位降是由于电流流过电阻器 R 而产生的。根据欧姆定律, 电

位降的大小等于电阻与电流的乘积,并且用 U 来表示;为了表示电位降落的方向就把它记做 U_{AB} 。

电压降

potential drop

即“电位降”。

端电压

terminal voltage

外电路的电位降 $U = IR_e$, 这个数值叫做端电压。根据克希荷夫定律得出: $IR_e = E - IR_i$ 。即端电压等于电源电动势与内阻压降之差。

内阻压降

potential drop of internal resistance

当电源与外电路接通时,即有电流从电源流经电路回到电源。当电流在电源内部流过时,由于内阻产生的电位降叫做内阻压降。

电流

current

在固体、液体、气体等物质中,电荷的定向流动称为电流。习惯规定电流流动的方向是与电子流动的方向相反。在导体横截面上,单位时间内所流过的电量称为电流强度,即 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, 电流强度通常称为电流。电流的实用单位是安培。

直流

direct current (D.C.)

方向和大小不随着时间变化的电流叫做直流。它不同于交流。交流电的大小和方向随着时间的变化而变化,在不同的各个瞬间的电流大小不同,方向也不同。干电池和蓄电池都是产生恒定直流电流的电源。

安培

ampere

是电流强度的单位。导体截面每秒钟内通过 1 库伦的电量时,其电流强度为 1 安培。

1 安培 = 1 库伦/秒

电源内阻

internal resistance of source

电源内部所具有的电阻叫做电源内阻。电源内阻可能是纯电阻,也可能是阻抗。例如,原电池和蓄电池的内阻就几乎完全是纯电阻,而信号发生器则同时具有电阻和电抗性内阻。

线性电阻

linear resistance

如果导体的导电性能遵照欧姆定律,则这种导体叫做线性导体,其电阻叫做线性电阻。如各种薄膜电阻、线绕电阻等均为线性电阻。

非线性电阻

non-linear resistance

凡导电性能不满足欧姆定律的导体叫做非线性导体,其电阻叫做非线性电阻。如热敏电阻就是非线性电阻。

电阻

resistance

电路中对电流通过有阻碍作用并造成能量消耗的部分叫电阻。电流通过导体,其大小与导体的物质、长度和截面积有关(交流则与频率也有关)。如物质的电导系数为 γ , 长度为 l (米), 截面积为 s (平方毫米), 则电阻大小决定于 $l/\gamma s$ 。

电阻的大小也可从导体两端的电压与通过导体的电流的比值来度量,即电阻 $R = \frac{U}{I}$ 。电阻的单位为欧姆,简称欧。

电阻率

resistivity

亦称电阻系数,说明物质的电阻性质(导体导电性的好坏)的一个物理量。物质的电阻率在数值上等于用那种物质做的长 1 米、截面积 1 平方毫米的导线,在温度为 20°C 时的电阻值,电阻率愈大则导电性能愈劣。电阻率以 ρ 代表。

电阻温度系数

temperature coefficient of resistance

说明导体的电阻是否易受温度影响的物理量。

它的数值等于温度每升高 1°C 时电阻的增量与原来的电阻的比值。计算电阻温度系数的公式为：

$$\alpha = \frac{r_2 - r_1}{r_1(t_2 - t_1)}$$

式中 α —— 电阻的温度系数；

r_1 —— 温度 t_1 时导体的电阻；

r_2 —— 温度 t_2 时导体的电阻。

欧姆

ohm

电阻的单位。若导体两端的电压为 1 伏特，通过的电流为 1 安培，则此导体的电阻为 1 欧姆。

$$1 \text{ 欧姆} = \frac{1 \text{ 伏特}}{1 \text{ 安培}}$$

西门子

simens

它是国际单位制中的电导单位，简称为西(S)，过去常称为姆欧。它表示导体两端以 1 伏特的电位差建立 1 安培的恒定电流时导体的电导值。

线性电路

linear circuit

由线性元件构成的电路称为线性电路。

非线性电路

non-linear circuit

含有非线性元件或非线性器件的电路称为非线性电路。非线性元件或非线性器件的特性是不服从欧姆定律的。常见的非线性器件如晶体管、电子管以及非线性元件如热敏电阻、磁饱和线圈等所组成的电路都是非线性电路。

等效电路

equivalent circuit

使某一电路的电流与电压的关系，在一定条件下与实际电路中的相同，该电路就叫做实际电路的等效电路。

例如，实际电路图 1 可用等效电路图 2 来代替。在此等效电路中： $E' = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$ 为实际电路 A、B 端开路时的电动势； $R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 为 A、B 端开路时体现的总电阻。

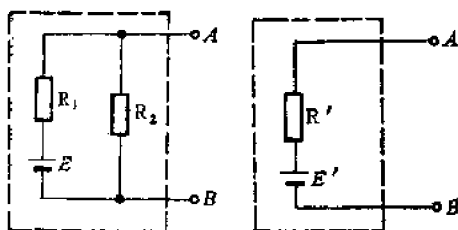


图 1 实际电路 图 2 等效电路

欧姆定律

ohm's law

欧姆定律是确定电路中电压与电流关系的定律。在一个电阻 R 上加电压 U (伏特)，则通过的电流 I (安培) 将与所加电压成正比，即 $\frac{U(\text{伏})}{I(\text{安})} = R(\text{欧})$ 。

在交流电路中欧姆定律也同样成立，但电阻 R 应改为阻抗 Z 。

节点

node

电路中三个或三个以上支路联接的点叫节点。

回路

mesh circuit

电路中的任一闭合通路称为回路。

开路

open circuit

在电路中，使某一支路断开，电流为零，称为开路。

短路

short circuit

在电路中，将某一支路两端直接连通，

使两端电压为零, 称为短路。

旁路

by-pass

与某器件或某电路相并联的电路称为旁路。例如, 以电阻与电流计并联, 使电路中部分电流经过电阻旁路流出, 可以扩大电流计测量范围。

串联

series connection

电路内各元件或电源串接起来, 通过它们的电流相同, 叫做串联。

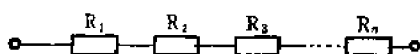


图1 电阻串联

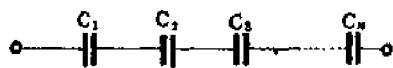


图2 电容串联



图3 电感串联



图4 电源串联

电阻串联, 如图1所示, 其总电阻为:
 $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

电容串联, 如图2所示, 其总电容可由下式求得:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

电感串联 (假定每个线圈间没有互感), 如图3所示, 其总电感为: $L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$

电源串联, 如图4所示, 其总电动势为:
 $E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$; 其总内阻为: $R = R_{01} + R_{02} + R_{03} + \dots + R_{0n}$

并联

parallel connection

电路内各元件或电源并排连接起来, 各

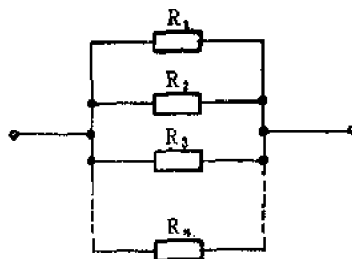


图1 电阻并联

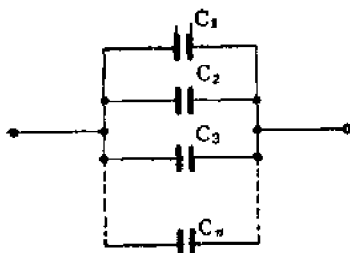


图2 电容并联

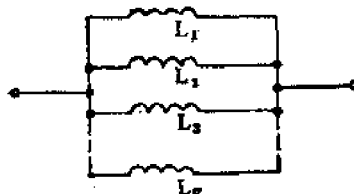


图3 电感并联

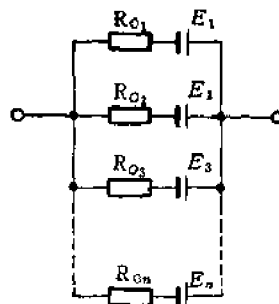


图4 电源并联

支路两端电压相等, 叫做并联。

电阻并联 (如图1所示), 其总电阻可由下式求得:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

电容并联 (如图2所示), 其总电容为
 $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$

电感并联 (假定每个线圈间没有互感) (如图3所示), 其总电感可由下式求得:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$$

电源并联 (各电源的电动势、容量、内阻应相等) (如图 4 所示), 其总电动势为:

$$E = E_1 = E_2 = E_3 = \dots = E_n。$$

其总内阻可由下式求得:

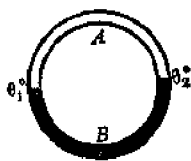
$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_{01}} + \frac{1}{R_{02}} + \frac{1}{R_{03}} + \dots + \frac{1}{R_{0n}}$$

如果各电动势不相等, 须按等效电路计算出等效电动势和等效内阻。

热电动势

thermo-electromotive force

当两种不同的金属互相接触时, 由于两种金属内都有自由电子存在, 它们有不同的逸出功和不同的电子密度, 因而电子就有从一种金属流向另一种金属的现象, 流出电子较多的金属带正电, 流入电子较多的金属带负电。此时在两金属间便产生了电场, 并且具有电位差 (称为接触电位差), 电场大小决定于金属的种类和温度。如果把两块不同的金属 A、B 联结成环形 (如图), 这样便两个接头处都会产生接触电位差。这两个电压的大小相同, 方向相反, 所以总和为零。如果把一个接头的温度由 θ_1 升高到 θ_2 , 则在接头处所产生的接触电位差将有所变化, 于是总和不再为零。这时在回路中便产生了电流。这样产生的电动势, 称为热电动势。



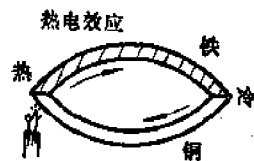
环形金属的热电动势

热电效应

thermo-electric effect

将两根不同的金属导线两端分别连接起来, 一端加热, 另一端冷却, 导线中将产生电流 (如图)。当电流流过两根不同导线的两根接头时, 则一个接头放热而另一个接头吸热。此外, 在一段均匀导线上如果有温度差异存在时, 也会有电动势发生。这些现象称为热电效应。

热电效应是可逆的, 单位时间的发热量 Q 与电流强度 I 成正比, 并且与两端金属性质有关。



环形金属的热电效应

压电效应

piezo-electric effect

对石英, 酒石酸钾钠等晶体表面施加压力时, 在两受力面上将产生异性电荷, 两表面间出现电位差, 这种现象称为压电效应。有的话筒就是利用这种现象把声振动变为电信号。

压电效应是可逆的, 即外加以电信号时也能引起机械振动, 如压电式扬声器。

光电效应

photoelectric effect

光照射在某些物体上, 使它释放出电子的作用, 称为光电效应。所释出的电子如果脱离物体, 则称外光电效应。从晶体和半导体中释出的电子, 可能停留在它们内部而增大其导电性, 这称为内光电效应。用电子撞击物质使它发光, 这称为反光电效应。

四、交流电路

周期电流

periodic current

电流的大小随时间作周期性的变化,亦即在全段时间内每经过时间 T 完成一个完整的重复变化。如图1、2、3、4所示。我们称这些电流叫周期电流。

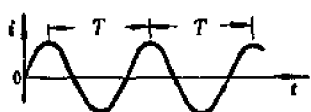


图1 正弦波电流

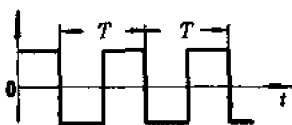


图2 方波电流

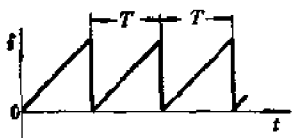


图3 锯齿波电流

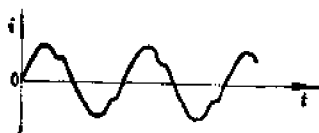


图4 正弦波失真电流

交流

alternating current (A.C.)

大小和方向随时间变化的电流称为交流。通常交流电流就是指周期电流。交流亦称交变电流。

正弦电流

sinusoidal current

按正弦规律变化的交变电流称为正弦电流。如图1(见“周期电流”词条)所示。近代电力网所提供的电能几乎都是正弦交流

电。正弦交流电通常简称交流电。

不按正弦规则,但仍旧是周期性变化的电流,叫做非正弦电流。如图2、3、4所示。

周期

period

交流电完成一次完整的变化所需的时间叫做周期(T),周期以秒(s)为单位。

频率

frequency

交流电每秒钟变化的周数叫频率(f)。单位是赫兹(Hz)或周/秒。频率是周期的倒数,即 $f = \frac{1}{T}$ 。

赫兹

hertz

是频率的单位。见“频率”。

波长

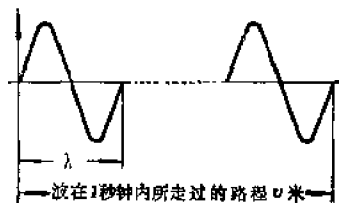
wave length

电磁波在一个周期的振荡时间内所走过的距离,叫做波长。波长决定于振荡的频率与波的传播速度。如果波的传播速度为 v 米/秒,振荡周期为 T 秒,则波长 $\lambda = vT = \frac{v}{f}$ (米)。

f 代表频率。

电磁波的传播速度是每秒300000000米,所以电磁波的波长

$$\lambda = \frac{300000000}{f} \text{ 米}$$



电磁波的波长

角频率

angular frequency

交流电变化一周就相当于角度 (ωt) 变化 2π 弧度 (即 360°)，交流电在单位时间内变化的角度叫做角频率 (ω)，单位是弧度/秒，角频率是频率的 2π 倍，即 $\omega = 2\pi f$ 。

瞬时值

instantaneous value

交流电流、电压的数值是随时间变化的，在某一时刻的数值称为交流电流、电压的瞬时值。

振幅

amplitude

交流电流、电压在一周期中出现的最大瞬时值叫做交流电流、电压的振幅，亦称峰值或最大值。

平均值

average value

所谓交流电流、电压的平均值，是指电流、电压在半周期内所有瞬时值的平均数。正弦电流、电压的平均值等于振幅的 $\frac{2}{\pi}$ 或 0.637 倍。

有效值

effective value

交流电流通过电阻器，经过一个周期时间所发出的热量，与某直流电通过同一电阻器，经过同一时间所发出的热量相等，则这个直流电的大小就是交流电的有效值。有效值又称为均方根值。

有效值与最大值 (振幅) 的关系是：有效值 = 最大值 / $\sqrt{2}$ 。

波形因数

form factor

交流电流或电压的有效值与平均值的比值叫做波形因数。正弦波的波形因数为 1.11。

相位

phase

见“初相角”。

初相角

initial phase angle

如果同时研究二个或多个周期变化的交变量，由幅值为零至某一瞬间值所占一个周期中的角度数，就称为相角。譬如：甲交流量正在增大，但乙交流量却正在减小。如果取某一瞬间来分析，则它们的瞬时值也许是不同的。如图：当时间是零时，电流 i_1 与电流 i_2 之瞬时值不同。为了说明这种现象，可用相位表示。电流 i_1 在循环刚开始时 (或者说 $i_1 = 0$ 的时间)，与我们研究的某一瞬间 (如 $t = 0$ 的时间) 相差多少，以角度表示，即为此 i_1 的初相角。一个周期相当于 360° 角 (即 2π 角)。如图， i_1 之初相角是 φ_1 ， i_2 之初相角是 φ_2 。但如果我们研究的瞬间改为刚好是 $i_1 = 0$ 时，则 i_1 之初相角是零，但 i_2 之初相角则为 $\varphi_{1,2}$ 。所以初相角是相对的，比较的，用它可以说明若干个交流量的循环起始位置。

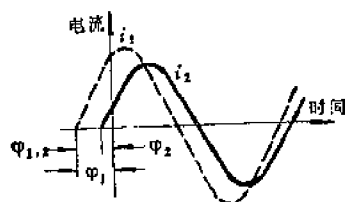


图 1 初相角的波形图

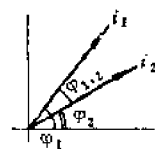


图 2 初相角的矢量图

初相角又可用矢量图表示，如图： i_1 与横轴所夹的角为 i_1 之初相角 φ_1 ，同理， i_2 与横轴所夹的角为 i_2 之初相角 φ_2 。

相角差

phase angle difference

两个相同频率的交流量的初相角互不相同，则它们初相角之差即为此二交流量的相角差。如前条附图中的 $\varphi_{1,2}$ 即为 i_1 与 i_2 之相角差，它说明二交流电流的相对位置，并与所研究的 $t = 0$ 的位置无关。

相角差亦称相位移，它说明两个周期过程在时间上的超前或滞后，如果周期相同，

则相位移恒定不变;如果周期不同,则相位移时时刻刻都在变化着。

相位移

phase shift

即“相角差”,亦称相位差。

滞后

lag

某一交流电 i_2 比另一交流电 i_1 (假定两者相位差不是 180°) 达到零值晚一些,则称为滞后(滞后的角度不超过 180°)。如“初相角”附图, i_2 滞后 $i_1 \varphi_{12}$ 角。

超前

lead

某一交流电 i_1 比另一交流电 i_2 达到零值早一些,则称为超前(超前的角度不超过 180°)。如“初相角”附图, i_1 超前 $i_2 \varphi_{12}$ 角。

同相

in phase

当两个同频率的交流电间的相位差为零时,它们相位间的关系叫做同相。

正交

quadrature

当两个同频率的交流电间的相位差为 $\frac{\pi}{2}$ (90°) 时,它们相位间的关系叫做正交。

反相

out phase

当两个同频率的交流电间的相位差为 π (180°) 时,他们相位间的关系叫做反相。

复数

complex number

方程式 $x^2 + x + 1 = 0$ 的二个解是:

$$x_1 = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{-3}}{2}$$

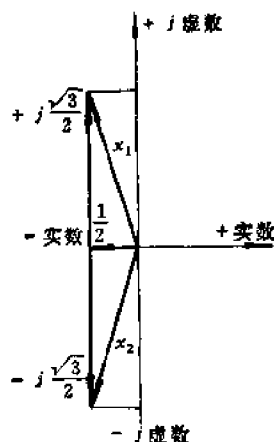
和

$$x_2 = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{-3}}{2}$$

解中的 $\left(-\frac{1}{2}\right)$ 是实数;符号 j 代表 $\sqrt{-1}$,

则 $\frac{\sqrt{-3}}{2} = j \frac{\sqrt{3}}{2}$ 是虚数。一个实数和一个虚数的组合,叫做复数。上式的二个根都是复数。用复数的方法去解决交流电路中的问题是十分方便的,因此,复数是电工运算中的一个重要运算手段。

上例 x_1 和 x_2 不仅都是复数,而且都是共轭复数。两个共轭复数只是虚数的正负号不同,如果用坐标图表示,可以看出, x_1 与 x_2 之长度相等,但分居实数轴(水平轴)之二边,并且对称。如将实数轴看做是一面镜子,则 x_1 与 x_2 二个复数恰好互为镜象。两个共轭复数的乘积是实数。如果某一复数用 A 表示时,则其共轭复数可加“星”符号,写成 A^* 。



复数的矢量图

复数模

modulus of complex number

复数的绝对值称为模。例如:

$$a + jb = re^{j\theta}, \quad r = \sqrt{a^2 + b^2}$$

r 是模,亦即矢量的长度。

共轭复数

conjugate complex

见“复数”。

矢量

vector

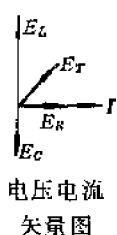
有方向有大小的量,叫做矢量,亦称向量。例如,东西行车的速度同是 25 公里/小时,

但方向相反, 结果完全不同。于是我们说, 速度是矢量, 因为不能单用大小来说明它, 而必须用大小与方向才能说明它。在研究交流电路时, 采用矢量表示电流与电压则很方便, 如果再运用复数去演算, 就更为方便。矢量与复数是交流电路的两个重要数学基础。

矢量图

vector diagram

矢量图也称向量图。电压和电流如果是同一的频率变化则可用矢量表示, 它们各有一定的幅度和相位。附图是矢量图的一例, 它表示串联谐振回路的电流矢量 I , 和三个电压降矢量 E_R 、 E_L 和 E_C , 以及电压降的矢量和 E_r 。



这种图很清楚地表示电压和电流的相位关系, 并且求取矢量的和和差都很方便。阻抗和导纳亦可以分别用矢量图表示。

容抗

capacitive reactance

在具有电容的电路里, 对交流电流所起的阻碍作用称为容抗。它在数值上等于电容 (C) 乘以交流频率 (f) 的 2π 倍的倒数, 即容抗 $X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C}$ (ω 为角频率)。容抗的单位是欧姆。在纯电容电路中, 电压较电流滞后 90° 。频率愈高, 容抗愈小。

感抗

inductive reactance

在具有电感的电路里, 对交流电流所起的阻碍作用, 称为感抗。它在数值上等于电感 (L) 与交流频率 (f) 乘积的 2π 倍, 即感抗 $X_L = 2\pi fL = \omega L$ (ω 为角频率)。感抗的单位是欧姆。在纯电感电路中, 电压较电流超前 90° 。频率愈高, 感抗也愈大。

电抗

reactance

在具有电感与电容或仅有电感或电容的电路里, 对交流电流所起的阻碍作用称为电抗。电抗与电路的能量消耗无关, 电动势在四分之一周期的时间内所作之功, 用来使电容器充电, 或使自感应线圈内产生电流, 变成电容器的电能或线圈的磁能储存起来。在下一个四分之一周期的时间内, 又把全部储存的能量送回。电路的能量消耗决定于有效电阻, 实际上, 电容器与线圈不可能没有电阻, 因数值不大, 对电抗来说显得微不足道, 故计算时略去。电抗为感抗与容抗二者之代数, 由于电压在线圈及在电容器上有 180° 之相位差, 方向相反, 故电抗

$$X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

式中, X_L 为感抗, X_C 为容抗。

阻抗

impedance

具有电阻、电感和电容的电路里, 对交流电流所起的阻碍作用, 称为阻抗。它在数值上等于: 电阻的平方与感抗减容抗之差的平方之和的平方根, 即:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

单位是欧姆。

有效电阻

effective resistance

系指总的交流电阻, 包括涡流损耗、铁芯损耗、介质损耗、电晕损耗、功率的转换以及导体损耗等在内。对于正弦电流而言, 它等于与电流同相的电压分量除以电流, 用欧姆度量。

复阻抗

complex impedance

复数电压与复数电流的比称为复阻抗。即

$$Z = \frac{U}{I} = Ze^{j\phi} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

在此电路里, 既有电阻也有电抗, 电压和电

流的相位差既不等于零(纯电阻电路),也达不到 $\pm 90^\circ$ (纯感抗或纯容抗电路)。

电纳

susceptance

在研究并联交流电路时,可应用电导与电纳进行运算。电导(G)是电阻除以阻抗平方,即 $G = \frac{R}{Z^2}$ 。电纳(B)是电抗除以阻抗平方,即 $B = \frac{X}{Z^2}$ 。应用它们会使交流电的计算简便。它们的单位都是姆欧。

电纳也可以分为电容性电纳($B_c = \omega C$)和电感性电纳($B_L = -\frac{1}{\omega L}$)两类,与电抗的容抗与感抗相对应。

导纳

admittance

导纳是电导与电纳的矢量和,也是阻抗的倒数,它的大小是:

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2} = \frac{1}{Z} = \frac{1}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$$

外加电压乘电导,就得电流的有功分量,即

$$I_a = U \cdot G \cdots (\text{与电压同相的部分})$$

电压乘电纳,就得电流的无功分量,即

$$I_b = U \cdot B \cdots (\text{与电压垂直的部分})$$

电压乘导纳,就得电流,即

$$I = U \cdot Y$$

因此可以将电流分解成两部分,它的分法与串联电路内电压被分解成两部分相同。所以电流也有一个三角形。



电流三角形

负载

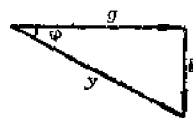
load.

接入电路中的导体或电气元件(如电灯、电热器、电动机、电阻等)统称为负载,或称负荷。

导纳三角形

admittance triangle

将电流三角形各边都以电压来除,则变成导纳三角形,如图。它与阻抗三角形不同,它是根据电流三角形作出的,前者是根据电压三角形作出的,它们都是计算交流电路的方法。



导纳三角形

阻抗三角形

impedance triangle

将电压三角形各边都以电流来除,就得到阻抗三角形,它说明,在具有电阻、电抗的电路内,电阻与电抗的关系,即: $Z^2 = R^2 + X^2$ 。

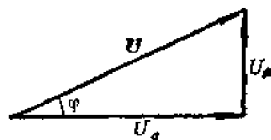


阻抗三角形

电压三角形

voltage triangle

在具有电阻和电抗的电路内,电阻造成的电压降(有功电压)与电抗造成的电压降(无功电压),在相位上相差 90° 。外加的电压(U)、电阻压降(U_a)、电抗压降(U_b)三者成直角三角形,即: $U^2 = U_a^2 + U_b^2$ 。图示为电压三角形。



电压三角形

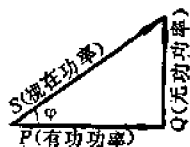
可见交流电路内电阻、电容、电感等元件上的电压降在相位上是不相同的。例如,电阻是阻碍电流大小的,亦即电流越大,电阻上的压降越大,成正比变化。但是电感上

的压降是为了抵消自感应电动势的,电感所产生的自感应电动势是与电流的变化快慢有关,如果是直流(电流恒定不变),电感中就无自感应电动势;如果是交流,它的频率越高,电流变化越快,则它的自感应电动势越大。所以电感对电流的阻碍作用是在电流的改变方向。电阻是直接阻碍电流的通过,电感则仅阻碍变化中的电流,二者都有阻碍电流的作用,但它们阻碍的目标不同,因此它们对电流的影响也就不同。电压三角形也就说明这种现象。

功率三角形

power triangle

将电压三角形各边都乘以电流,就得到功率三角形,它说明,有功功率(P),无功功率(Q)及视在功率(S)的关系,即:
 $S^2 = P^2 + Q^2$ 。



功率三角形

瞬时功率

instantaneous power

瞬时功率等于电压和电流瞬时值的乘积,是随时间而变的。对于正弦交流电,可写出

$$u = \sqrt{2} U \sin \omega t \quad (1)$$

$$i = \sqrt{2} I \sin(\omega t + \varphi)$$

$$= \sqrt{2} I \cos \varphi \sin \omega t + \sqrt{2} I \sin \varphi \cos \omega t \quad (2)$$

式中 u 、 i 表示电压和电流的瞬时值, U 、 I 表示各自的有效值,而 φ 为两者的相角差。这样,瞬时功率 p 为

$$p = 2UI \sin \varphi \sin \omega t \cos \omega t + 2UI \cos \varphi \sin^2 \omega t \quad (3)$$

在一个周期内,(3)式中第一项正负交替地改变,平均值为零。表示由于电压和

电流有相位差(电路为感性或电容性的),电路在一部分时间内从电源吸取功率,另一部分时间内则又全部送回电源,因此 $UI \sin \varphi$ 称为无功功率,用伏安为单位;相应地,电流中与电压相差 90° 的分量,如(2)式中的 $\sqrt{2} I \sin \varphi \cos \omega t$,称为其无功分量。

在一个周期内,上式中第二项恒为正,平均值为 $UI \cos \varphi$,表示电路从电源吸取的净功率,称为有功功率或平均功率,用瓦特为单位;相应地,电流中与电压同相的分量,如(2)式中的 $\sqrt{2} I \cos \varphi \sin \omega t$ 称为其有功分量。通常所称的交流电功率都是指其有功功率而言。

另外,也常把 UI 称为视在功率,以伏安为单位。

平均功率

average power

见“瞬时功率”。

有功功率

active power

见“瞬时功率”。

无功功率

reactive power

见“瞬时功率”。

视在功率

apparent power

见“瞬时功率”。

电流有功分量

active component of current

见“瞬时功率”。

电流无功分量

reactive component of current

见“瞬时功率”。

功率因数

power factor

平均功率(P)对视在功率(S)的比值叫做功率因数,用 $\cos \varphi$ 表示,即:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

伏安

volt-ampere

见“瞬时功率”。

焦耳楞次定律

Joule-Lenz's law

当导体通有电流时,所放出的热量与通过导体的电流的平方、导体的电阻和电流通过的时间成正比,即: $Q = 0.24 I^2 R t$, 这就是焦耳楞次定律。式中, I 的单位为安培, R 的单位为欧姆, t 的单位为秒, Q 的单位为卡。对于交流电路,上式中 I 应取有效值。

功

work

以力作用于物体,使物体在力的方向上有一定的位移,或者改变其运动的状态,这就叫做作了“功”。功量用力和力的作用点在力的方向上的位移的乘积来量度。在厘米·克·秒制里,功的单位是尔格。1尔格就是1达因的力使物体在力的方向上通过1厘米的位移所做的功。在米·千克·秒制里,功的单位是焦耳。1焦耳就是1牛顿的力,使物体在力的方向上通过1米的位移所做的功。

能

energy

做功的本领叫做能,能量是量度物体做功的本领的物理量,也就是量度改变物体运动状态的物理量。运动的物体含有动能。在高处的物体含有位能,当它下落时则将这种能释放出来。热也是一种能,叫做热能。此外还有光能、机械能、化学能以及其它等等。所有这些都是能的不同形式。能量可以从某种形式转变为另一种形式。电灯通上电流就发出光来,电热器通上电流就发热,这些光和热是由于电能的消耗而得。能量大小,以它能作多少功来计算。能的单位与功的单位相同,为千克·米。在电力工程中通常采用“千瓦小时”(也就是我们常说的“度”)作为电能单位。

功率

power

是指在单位时间内所作的功。电功率用瓦特来度量。在直流电路内,功率 P 等于电路内的电压伏特数 (U) 和电流的安培数 (I) 的乘积,即, $P = UI$ 。如在交流电路内,则功率将随着电流与电压之间的相位移而变化。交流电功率为, $P = U_{\text{有效}} I_{\text{有效}} \cos \varphi$ 。式中, $U_{\text{有效}}$ 与 $I_{\text{有效}}$ 分别为电路中电压和电流的有效值, $\cos \varphi$ 为电流和电压相角差的余弦值,不能大于1;所以交流电功率不可能超过电流与电压有效值的乘积。如果用交流电供电的器件,只具有电阻,相位移等于零, $\cos \varphi = 1$, 在这种情形下所消耗的功率恰好等于电流与电压的乘积。如果器件除了电阻以外,还具有电容或电感,则 $\cos \varphi < 1$, 耗用功率将小于纯电阻中的伏安数。

效率

efficiency

某种器件或机械,其输出能量与输入该机器能量的比值,称为效率,它总是小于1,常用百分率表示。机器本身损耗能量越小,输入能量送出去的部分越大,效率也就越高。

绝对单位制

absolute system of units

选定长度、质量和时间作为基本量的单位制系统,称为绝对单位制。常用的绝对单位制有两种:一种叫米·千克·秒制(简称 MKS 制),在这种单位制中,长度单位是米,质量单位是千克,时间单位是秒。另一种叫厘米·克·秒制(简称 CGS 制),在这种单位制中长度单位是厘米,质量单位是克,时间单位是秒。力的单位是根据质量单位而得来的。在米·千克·秒制中,力的单位是牛顿;在厘米·克·秒制中,力的单位是达因。

绝对实用单位制

absolute practical system of units

为了量度电气和磁性数值,以 CGS 制

为基础,推引出第四个基本单位——电量单位,即两个相等电量的电荷,在真空中相距1厘米,相互作用之力为1达因时,以这样大小的电量作为电量单位,称为绝对静电单位制,简称CGSE制。除此之外,尚可根据电流相互间的磁力作用,确定新的电流强度单位,称为绝对电磁单位制,简称CGSM制。1CGSM电流强度单位等于 3×10^{10} CGSE电流强度单位, 3×10^9 CGSE单位电流强度为1安培,因此1CGSM单位电流强度为10安培;或1安培等于0.1CGSM单位电流强度。

但在无线电工程中,使用CGS制感觉不便,因此改用MKS制(米·千克·秒制),并亦以电流相互间磁力作用为基础建立第四个基本单位——绝对安培。它是一种恒定电流的强度,电流在两根无限长、无限细、以2米的距离在真空中平行排列的导线中流动时,导线间每米长度上所产生的相互作用力等于MKS制中单位力的 1×10^{-7} 倍时,称为1绝对安培。这种单位制称为绝对实用单位制,简称为MKSA制或MKSM制。

国际实用单位制

international practical system of units

是一种国际通用的测量电气数值的单位制。其基本单位为米、秒、安培和欧姆。其余一些电气单位,都是由这些基本单位导引出来的。国际安培是一种恒定电流的强度单位,电流通过硝酸银溶液时,每秒电解出纯银1.118毫克,这一电流强度称为1国际安培。1国际安培等于0.99985绝对安培,因此,国际安培与绝对安培是非常相近的。国际欧姆系指长度为1.063米、截面积为1平方毫米的水银柱在温度为零时所具有的电阻值,与绝对实用单位制相符合。

CGSE制

C. G. S. E. system

见“绝对实用单位制”。

绝对安培

absolute ampere

见“绝对实用单位制”。

国际安培

international ampere

见“国际实用单位制”。

国际欧姆

international ohm

见“国际实用单位制”。

尔格

erg

是厘米·克·秒制中功的单位。凡一达因的外力作用在某物体上,使此物体沿作用力方向产生一厘米的位移时,此外力所做之功,就是一尔格,它与实用单位制——米·千克·秒制中功的单位——焦耳的关系是:

$$1 \text{ 尔格} = 10^{-7} \text{ 焦耳}$$

焦耳

joule

是实用单位制中测量电流所作之功的单位,也是测量电能的单位。当直流电路耗用功率为1瓦(即电路中端电压为1伏特,电流强度为1安培),在1秒钟内所消耗的能量便是1焦耳。

瓦特

watt

它是功率单位。

在直流电路中,如果电路的端电压为1伏,电路中流通的电流为1安,则此电路得到1瓦的功率。简称为“瓦”。1000瓦则写为瓩。

五、三相电与电机

三相制

three-phase system

由三个频率相同、电势振幅相等、相位互差 120° 角的交流电路组成的电路系统，叫对称三相制，也叫三相制。

现在工厂应用的电力都是对称三相制。它比单相制好，节省铜线，能直接启动感应电动机。

三相三线制

three-phase three-wire system

不引出中性线的星形接法和三角形接法，只有三条火线，称为三相三线制。它只供电给平衡负载，如电动机、三相电炉等。

三相四线制

three-phase four-wire system

引出中性线的星形接法称为三相四线制。它能供给平衡负载或不平衡负载，一般工厂都是用三相四线制。

多相制

polyphase system

由几个频率相同但电压的相位不同的交流电路所组成的电路系统，叫多相制。

对称多相制

symmetrical polyphase system

由几个频率相同、电压振幅相等、电压相位差都等于 $\frac{2\pi}{n}$ (n 为相数) 的交流电路组成的电路系统，叫做对称多相制。

二相制

two-phase system

由两个电压振幅相等、频率相同、相角差是 90° 的交流电路组成的电路系统称为二相制。这种系统不常用，但单相感应电动机用分相法启动，就相当于二相交流电。

六相制

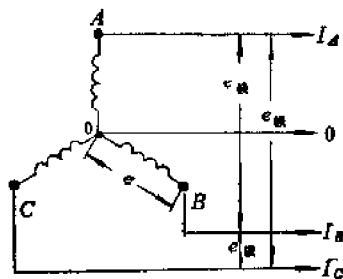
six-phase system

是由六个频率相同、电压振幅相等、电压相位互差 60° 的交流电路组成的电路系统。六相制的优点是功率稳定。

星形接法

star connection

为将三个交流电机三个互不相关的电路形成统一的三相，必须把三个单相绕组联接起来。可将三个单相的尾端接在一点上，如图中 O 点，这一点叫零点或中性点，而从三个单相的始端送电至负载，这种接法称为星形联接。此种接法的线电压是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍，即 $e_{\text{线}} = 1.73e$ ，线电流与相电流相等，即 $I_A = I_B = I_C = I_0$ 。



星形接法

中性点

neutral point

见“星形接法”。

中性线

neutral line

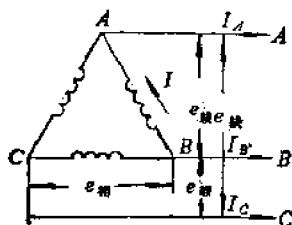
自中性点引出的一根线叫中性线，此线之电位为零。中性线一般较火线细，接地不安装保险丝。

三角形接法

delta connection

三相交流电共有三个单相交流电势，如

果将各相分别首尾相接,则为三角形接法。即 A 、 B ; B 、 C ; C 、 A 相接。同时自三相始端 A 、 B 、 C 向外送电。此种接法线电压与相电压相等,即 $e_{\text{线}} = e_{\text{相}}$,线电流比相电流大 $\sqrt{3}$ 倍,即 $I_A = I_B = I_C = 1.73I$ (在平衡负载条件下)。



三角形接法

线路线

power line

前条图 A 、 B 、 C 三线均为线路线,即火线,带有电压,如果碰触则发生触电事故,一般电灯的开关都接在火线上。

火线

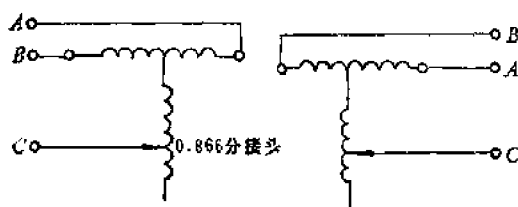
power line

见“线路线”。

T形接法

T-connection

用两只变压器可以接成 T 形,一个叫主变压器(水平的),一个叫副变压器(垂直的)。副变压器之一端接主变压器之中点,另一端自 0.866 倍额定电压分接头引出。这种接法在原、副方均可得到平衡电压。这种接法可以将三相转换为二相,反之亦可。



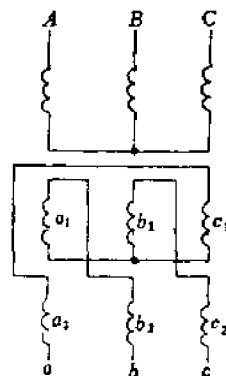
T形接法

Z形接法

Z-connection

三相变压器的原绕组仍按星形联接,但

副绕组边每相都分为二部,而且曲折联接,叫做 Z 形接法,如图。这种接法的优点是:中性点稳定,不致因负载不平衡而中性点移动。它主要应用于汞弧整流器上。

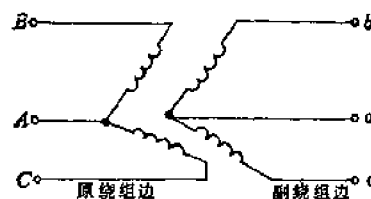


Z形接法

V形接法

V-connection

工厂配电所内都采用三相变压器,或者采用三只单相变压器,如果将原绕组边和副绕组边其中的一相断开,则成为开口三角形接法。如图,虽减少了一相,但在副绕组边仍能得到平衡电压,并且线电流也与完全的三角形接法相同。可是不论原绕组边还是副绕组边,相电流都大了 $\sqrt{3}$ 倍。所以这种接法的输出只是正常三角形接法输出的 58% $\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$ 。如果想轮流修理,短时接成开口三角形接法是可以的。



V形接法

对称电压

symmetrical voltage

如果多相发电机各线圈的电压振幅彼此相等,而任何相邻两电压间的相位差都等于 $\frac{2\pi}{n}$,那么这个多相制的电压叫做对称电压。

相电压

phase voltage

指火线与中性线之间的电压。

线电压

line voltage

指火线与火线之间的电压, 亦称线间电压。

相电流

phase current

指发电机每相的电流。

线电流

line current

指火线上的电流。

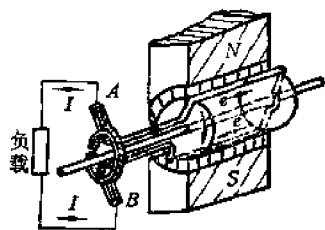
直流电机

direct current dynamo

直流电机可以作为发电机或电动机应用, 是将机械能转换为直流电能或将直流电能转换为机械能的一种可逆应用的旋转电机。作为发电机它的工作原理如图所示: 电枢绕组导体在磁极间旋转产生感应电动势, 由固定炭刷 A 、 B 与两个半环构成的整流装置, 使炭刷 B 永远与经过 S 极下的导体相接触, 炭刷 A 则永远与经过 N 极下的导体相接触, 在两炭刷间便可得到直流电压。

作为电动机的工作原理亦可同样类推。所不同者为电流自炭刷流入电枢绕组, 产生转矩使电枢旋转。

直流电机按激磁方式 (磁极的激磁绕组与电枢绕组的连结方式) 的不同可分成他激、并激、串激、复激。它们的运用性能各异, 除激励方式外, 直流电机的规格主要包括:



直流电机

容量、电压、电流、转速。

同步电机

synchronous dynamo

同步电机主要是交流发电机, 也可作为交流电动机使用, 属于可逆电机。它的转子转速接近定子的旋转磁场的转速; 正常运转时, 转速严格地同所接交流系统的频率成正比。一般定子槽内装有交流的分布绕组, 转子上装有直流激磁绕组。当作为发电机时, 原动机带动旋转部分; 磁极旋转, 磁极磁通切割不动部分——定子上的电枢绕组, 因而在其中产生感应电动势。小容量发电机也有将磁极制成不动, 而电枢绕组在磁极间旋转的。

作为电动机时, 电流流入电枢绕组与磁极磁通相作用, 产生力矩使电机转动。其特点是转速与电源频率间保持严格的一定比例关系, 用于拖动负载需要转速恒定的情况。另一特点是功率因数可以调节, 而且比异步电动机的高, 所以大容量电动机多制成同步的。

同步电机的规格主要包括: 容量、电压、电流、相数、频率和转速等。

交流电机

alternating current dynamo

是同步电机与异步电机的总称。输入或输出均为交流电。它可以是单相、对称二相或三相的。单相的 (即三相中的一相) 多用于日常生活用电器和农业机械中。三相的是工业的主要动力设备。而二相交流电机多用于自动控制系统中。

异步电机

asynchronous dynamo

又称感应电机。与同步电机不同, 在固定的电网频率下, 转子的转速异于同步转速, 而随负载变动。电机中不用直流激磁电流。它主要是交流电动机, 但如与电源网络并联, 或加添一些辅助设备, 也可作为发电机使用。

三相异步电动机的不动部分 (定子绕组)

中通以三相电流，便产生旋转磁场，在转动部分（转子绕组）中感应电流，磁场与电流相互作用产生转矩，使电机旋转。转子绕组有短路式（又称鼠笼式）和线绕式（又称滑环式）两种，前者启动特性较差，运转特性较好，后者则相反。

单相异步电动机的工作原理与前者类似，所不同者仅在定子绕组为单相绕组，流过单相交流电时产生脉动磁场，不能自行启动，为此，需要另加启动绕组（分相启动），或制成裂口磁极（罩极启动）。

异步电动机的规格应包括：容量（输出功率）、电压、电流、相数、频率、额定转速和型式等。

电动机

motor

俗称马达，是一种将电能转变为机械能的机械。它可以制成大小不同的功率，而且工作效率高，管理方便，运行可靠，可以被广泛地采用作为工业企业的动力。在农业现代化中可以用作排灌机械，以及农产品加工企业的动力设备。

电动机分为直流和交流两大类。直流电动机的主要特点为便于在较大的范围内连续调节转速。交流电动机——主要是三相异步电动机——优点是结构坚固，维护简单，价格低廉，故应用最广。

六、谐 振

谐振

resonance

在由电感和电容所组成的电路中，在外加激励源的作用下将激起振荡。调节电感或电容值，或改变激励源的频率可使得激励电压和电路电流同相。这个情况称为谐振。在谐振时，电路呈现一纯电阻，且振荡最强。

串联谐振

series resonance

在电阻、电感、电容与外部作用电动势相串联的电路中所发生的谐振，叫做串联谐振。产生串联谐振的条件是回路的总电抗等于零，即 $X = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ 。谐振时有如下特性：电路中的电压与电流相位相同，功率因数为 1，电路呈纯电阻；总阻抗 Z 最小，并等于电阻 R ；电路中电流达最大；电感上的电压等于电容上的电压，等于外加信号电压的 Q 倍（ Q 为品质因数，参见有关条）。 R 越小电路的 Q 值越高，电压升高得越多。故串联谐振亦称电压谐振。



串联谐振

电压谐振

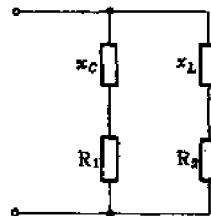
voltage resonance

见“串联谐振”。

并联谐振

parallel resonance

在电感、电容与外部作用电动势相并联的电路内发生谐振的现象，叫做并联谐振。并联谐振电路有多种形式，但都可归结为如图所示一般性电路。这里 X_C 和 X_L 是两个支路内的电抗部分； R_1 和 R_2 是两个支路内的电



并联谐振

阻部分。并联谐振的条件是电路总电纳等于零。即 $\frac{X_C}{R_1^2 + X_C^2} + \frac{X_L}{R_2^2 + X_L^2} = 0$ 。在无线电技术中，感抗及容抗往往比电阻大得多（即回路的 Q 值较

高）。则并联谐振条件可简化为 $X_C + X_L = 0$ ，即表示在谐振时，第一支路的电抗与第二支路的电抗大小相等，性质相反，回路的总电抗等于零，这和串联谐振条件在形式上是一样的。

并联谐振时有如下特性：回路总阻抗为纯电阻，两支路电流远大于流入回路的总电流。因此通常又称并联谐振为电流谐振。

电流谐振

current resonance

见“并联谐振”。

谐振频率

resonance frequency

电路发生谐振时的频率称为谐振频率。在 LC 串联谐振电路里，谐振频率为

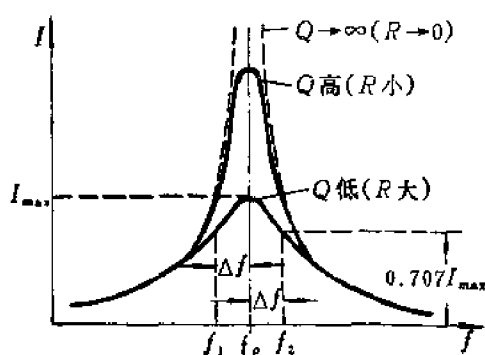
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

在并联谐振电路里，如果两支路中的电阻与各支路电抗相比可忽略不计时，并联谐振频率与两支路接成串联电路的串联谐振频率近似相等。如果两支路中的电阻与支路电抗相比不能忽略时，则并联谐振频率应按回路总电纳等于零的条件求得。

谐振锐度

sharpness of resonance

谐振锐度是表示谐振曲线尖锐程度的



谐振曲线

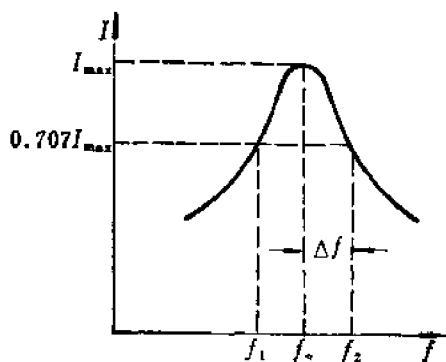
量, 谐振曲线愈尖锐, 电路选择信号的能力愈强; 谐振曲线愈平钝, 选择信号能力愈差。

谐振锐度通常用两个半功率点频率之差 $2\Delta f$ 与谐振频率 f_0 的比值来量度, 这个比值越低, 谐振锐度越高。由于 $\frac{2\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q}$, 因此谐振锐度与电路的品质因数有密切关系。Q 值愈大, 谐振锐度愈高, 选择性也愈强, 但通频带愈窄。

半功率点

half-power point

通常规定, 在谐振电路中, 其功率为最大功率的一半 (即电流为最大电流的 0.707 倍) 时的频率称为半功率点。 f_2 称为上半功率点, f_1 称为下半功率点。



谐振电路的半功率点

通频带

pass band

上半功率点与下半功率点之差称为通频带, 如上图所示, 通频带宽度为: $f_2 - f_1 =$

$2\Delta f$ 。 $\frac{2\Delta f}{f_0}$ 称为相对通频带, 相对通频带

$$\frac{2\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q} \quad (Q \text{ 是品质因数}).$$

耦合电路

coupled circuit

两个或两个以上的回路构成一个网络时, 其中某一电路中电流或电压发生变化, 能影响到其它电路也发生类似变化。这种网络叫做耦合电路。实现耦合的条件是, 电路彼此之间具有公共阻抗, 通过这个公共阻抗将能量从一个回路传输到另一个回路。根据公共阻抗的性质不同分为: 电阻耦合, 电容耦合, 电感耦合, 互感耦合等多种耦合方式。如果初、次级都是由电感电容并联组成的振荡回路称为双调谐耦合电路; 如果初、次级只有一个回路是由电感电容组成的振荡回路, 称为单调谐耦合电路。

耦合度

degree of coupling

表明一个回路对另一个回路耦合的程度。对于简单的耦合电路, 可由下式确定:

初级回路对次级回路的耦合度

$$k_1 = \frac{\text{耦合电抗}}{\text{初级回路中的同性质电抗}}$$

次级回路对初级回路的耦合度

$$k_2 = \frac{\text{耦合电抗}}{\text{次级回路中的同性质电抗}}$$

耦合系数

coefficient of coupling

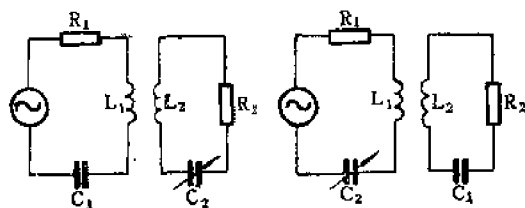
为了说明初次级之间的耦合程度, 常用耦合度 k_1 、 k_2 的几何平均值来表示两回路之间相互影响的大小, 叫做耦合系数 $k = \sqrt{k_1 k_2}$ 。

耦合系数 k 也可用耦合电抗 X_M 和每个回路中的同性质电抗 X_1 及 X_2 来表示: $k = \frac{X_M}{\sqrt{X_1 X_2}}$ 。

部分谐振

partial resonance

在耦合电路中, 只改变一个回路的电抗 (如调图中 C_1 或 C_2), 而保持另一个回路的电抗不变及初次级间的耦合度不变, 以获得输出电流最大, 用此方法调谐得到的谐振叫部分谐振。

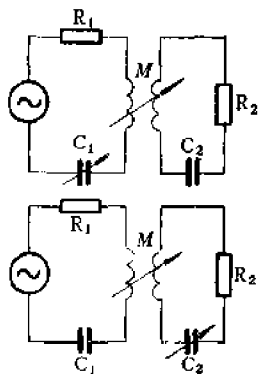


部分谐振电路

复谐振

complex resonance

在如图所示互感耦合电路中, 调节任一个回路的电抗 (如调 C_1 或 C_2), 电路之间的耦合 (调 M), 使次级回路电流达到可能达到的最大值, 其最大值 $I_2 = \frac{U}{2\sqrt{R_1 R_2}}$ 这种让一个回路谐振并选择最佳耦合的调谐叫做复谐振。



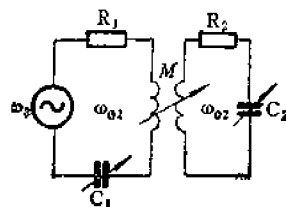
复谐振电路

全谐振

complete resonance

调节初次级回路的电抗 (调 C_1 和 C_2), 及初次级间的耦合 (调 M), 使次级回路电流达到可能达到的最大值, 其最大值 $I_2 = \frac{U}{2\sqrt{R_1 R_2}}$ 。这种将两回路都调谐到信号频

率, 而且选择了最佳耦合的调谐叫做全谐振。



全谐振电路

最佳耦合

optimum coupling

耦合电路在复谐振、全谐振时的耦合, 叫最佳耦合。这时次级回路的电流达到可能达到的最大值。其谐振曲线的峰值比临界耦合时低一些, 但顶部比临界耦合更平坦。

若全谐振耦合电路初次级回路的品质因数相等 ($Q_1 = Q_2$), 则最佳耦合成为临界耦合。这时谐振曲线处在由单峰向双峰过渡的状态, 因此顶部比较平坦, 边缘比较陡, 故滤波性能好。

临界耦合

critical coupling

见“最佳耦合”。

紧耦合

tight coupling

耦合回路的耦合系数大于临界耦合系数时, 叫做紧耦合。当初次级回路的固有频率及品质因数相同时, 在紧耦合情况下, 次级电流谐振曲线具有两个峰值, 峰值的大小与耦合系数无关, 但两个峰值之间的距离随着耦合系数的增加, 越来越大。

松耦合

loose coupling

当耦合回路的耦合系数小于临界耦合系数时, 叫做松耦合。在松耦合时, 谐振曲线为单峰, 耦合谐振电路次级回路电流小于临界耦合时的电流。

谐振曲线

resonance curve

在谐振电路中, 表示电流 (或电压) 随

频率而变化的曲线,叫做谐振曲线。图1为串联谐振曲线,图2和图3为耦合谐振曲线。

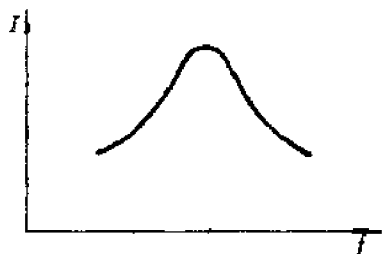


图1 串联谐振曲线

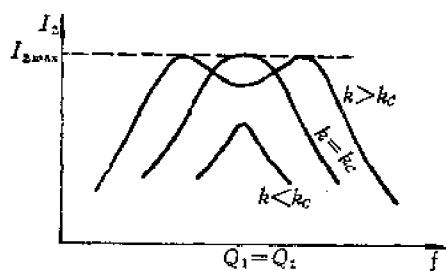


图2 耦合谐振曲线($Q_1 = Q_2$)

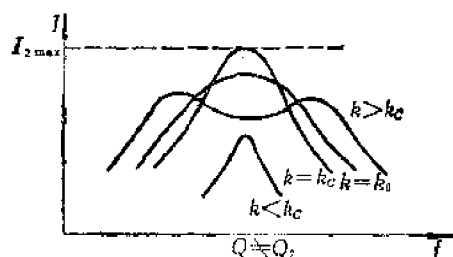


图3 耦合谐振曲线($Q_1 \neq Q_2$)

失调

detuning

如果一个谐振系统的固有频率和外来的信号频率有偏差时,就发生失调。失调如果用回路电抗对电阻的比值 $\frac{X}{R}$ 来表示,叫一般失调;如果用外来信号频率与固有频率的差值对固有频率的比值 $\frac{\Delta f}{f}$ 来表示,叫相对失调。相对失调比一般失调用起来更为方便,因为仅仅由频率间的比值来确定。

在谐振时,失调等于零。失调亦称失谐。

一般失调

general detuning

见“失调”。

相对失调

relative detuning

见“失调”。

调谐

tuning

调整回路的电参数,使之达到谐振而呈现所需性能的过程,统称为调谐。

例如,在接收机中改变输入LC回路的参数(转动可变电容器或者调整线圈中铁芯位置),就能够接收所需要的电台。

七、谐波分析

谐波分析

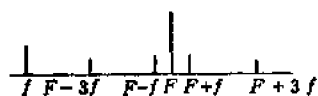
harmonic analysis

由于任何复杂的波是由许多不同频率、振幅和相位的正弦分量组合而成, 因此任何复杂的波可以分析为基波和各谐波, 以求得它们的相对振幅和相位, 这种分析称为谐波分析。分析谐波可以用图解法或测量法来完成, 其数学根据是傅里叶级数和傅里叶积分。在实际应用上, 谐波分析可用以确定非线性畸变, 主要是测定输出中的二次谐波和三次谐波与基波比较的相对振幅。

频谱图

frequency spectrum

频谱图是以频率为横座标, 各频率按照它们的相对振幅画成纵线如附图。这种图在分析调制过程时应用最多, 可以看出有那些调制产物和它们的相对振幅如何分布。



频谱图

基波

fundamental wave

非正弦波波形虽不按正弦律变化, 但其振荡是按周期性变化。此种波形可以分解为由一个基波和若干个谐波。基波和谐波都是正弦波, 基波的频率与非正弦波的频率一致。

谐波

harmonic

它是频率为基波若干倍的一种正弦波。例如三次谐波, 就是说谐波的振荡频率为基波的三倍。非正弦波可以认为是基波和一系列谐波相加的结果, 谐波愈多, 则其波形与

正弦波相差愈大。

分次谐波

subharmonic

谐波频率为基波频率的 n 倍, 即 $\omega = n\omega_0$ 。当 $n < 1$ 时, 则此种谐波频率, 并非基波的整数倍, 称为分次谐波。

傅里叶级数

Fourier series

如时间函数是周期性的, 它可以用傅里叶级数变换为频率函数。就是说, 时间函数可以分析成许多正弦分量, 总和称为傅里叶级数。这些正弦分量的频率将是非正弦波每秒重复次数的整倍数, 称为谐波。为了控制任一谐波的相位和量值, 须将两个正交分量相加, 即 $A_n \sin n\omega_1 t + B_n \cos n\omega_1 t$ 。如一周内波的平均值不是零, 应再加上直流分量。所以, 傅里叶级数的一般形式是:

$$f(t) = \sum_{n=0}^{\infty} (A_n \sin n\omega_1 t + B_n \cos n\omega_1 t)$$

式中系数 A 和 B 决定于 $f(t)$:

$$B_n = \frac{2}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} f(t) \cos n\omega_1 t dt, \quad n \neq 0$$

$$B_0 = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} f(t) dt, \quad n = 0$$

$$A_n = \frac{2}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} f(t) \sin n\omega_1 t dt$$

可见, 对于每一 n 值的积分, 决定频谱中各该分量的值, 而所有这些分量的总和产生原来的时间函数。因此, 积分是分析过程, 总和是综合过程。

在有些情况下, $B_n = B_0 = 0$, 函数呈现奇对称, $f(-t) = -f(t)$ 。在另一些

情况下, $A_n = 0$, 函数呈现偶对称,
 $f(-t) = f(t)$ 。

傅里叶积分

Fourier integral

对于非周期性函数, 可以看成是周期函数的极限情形, 即周期 T 趋向无穷大。于是, 傅里叶级数的总和表示式变成积分表示式, 称为傅里叶积分:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

$$f(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

所以, 周期性时间函数用傅里叶级数, 非周期性时间函数用傅里叶积分, 前者为离散频率函数, 后者为连续频率函数。

傅里叶变换

Fourier transform

傅里叶变换是将时间函数变为频率函数, 或将频率函数变换为时间函数。即

$$g(f) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(f) e^{j2\pi ft} df$$

其中 $p = j\omega = j2\pi f$ (如果 p 为复数,

$p = \delta + j\omega$, 则上两式变成拉普拉斯变换)。由此, 利用傅里叶变换, 策动时间函数可以分析成连续频谱, 从网络的运用获得响应频谱, 最后将响应频谱合成时间函数。

拉普拉斯变换

Laplace transform

函数 $\overline{f(p)}$ 是原始函数 $f(t)$ 的拉普拉斯变换函数:

$$\overline{f(p)} = \int_0^{\infty} e^{-pt} f(t) dt$$

式中 $p = \sigma + j\omega$ 是复变数, 所以变换函数 (变换了的函数) $\overline{f(p)}$ 是复变数 p 的函数。而原始函数 $f(t)$ 是实变数 t 的函数, 它在 $-\infty \leq t \leq +\infty$ 范围内有下列规定:

(1) 在 $t < 0$ 时, $f(t) = 0$; 在 $t > 0$ 时, $f(t) = f(t)$;

(2) 在 $t > 0$ 时, 除了第一种连续性断裂点外, 它是连续的, 在任何有限的 t 变化范围内, 断裂点数目是有限点, 如 t 从右和从左至任何断裂点位置的值, 函数 $f(t)$ 有有限的极限;

(3) 它的值上升不比下列指数函数快:

$$|f(t)| \leq Ae^{\sigma_0 t}, \quad \sigma > \sigma_0 > 0$$

八、过渡过程

过渡过程

transient

电路从一个稳定状态到另一个稳定状态时所经历的过程称为过渡过程。电路稳定状态的改变是由电路的接通或切断,各种类型的改接以及电路参数或电源的突变引起的。过渡过程是由电路中的分布参数、电抗性元件和非线性元件所引起,其电压和电流的变化是非周期性的。

在讨论连续变化信号的电路中,过渡过程所占的时间相对于稳态过程而言是极短的;而在脉冲电路中,由于信号是突变的、不连续的(即电路处于反复接通或切断状态),信号的作用时间相当短促,因此研究过渡过程就显得更为重要。

研究过渡过程,不但要了解电路的稳定状态是怎样建立起来的,而更重要的是要控制和利用过渡现象。例如缩短过渡时间、提高开关速度等对生产设备是很重要的。另外,在过渡过程中电路某些部分的电压或电流可能比稳定时的最大值大好几倍,预先考虑这些因素就可以避免电路元件的损伤或毁坏。

暂态过程

transient

即“过渡过程”,亦称“瞬态过程”。

RC 电路的过渡过程

transient of RC circuit

电容器是一个储能元件,以电场能的方式贮存能量($\omega_c = \frac{1}{2}cu_c^2$)。在 RC 电路中,电场能的积累和泄放有一个过程,电容器两端电压 u_c 不能突变,只能渐变。也就是说电容器经过电阻充电和放电需要一定的时间,即有一个过渡过程。

电容器的充电

charge of capacitor

当直流电源 E 经过电阻 R 接到电容器 C 上时,电容器两端的电压 $u_c(t)$ 逐渐上升为 E ,其变化规律是

$$u_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$$

式中 $e \simeq 2.7183$ 为自然对数的底, $\tau = RC$ 称为电路的时间常数,表征着 $u_c(t)$ 上升的快慢程度。若 R 的单位是欧姆, C 的单位是法拉,则 τ 的单位是秒。

相应地,充电电流为

$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$$

$u_c(t)$ 和 $i(t)$ 的变化规律如附图所示。

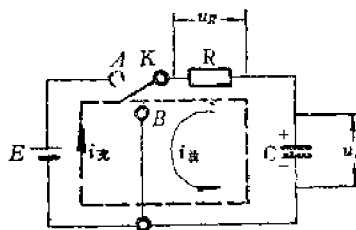


图1 电容器的充放电电路

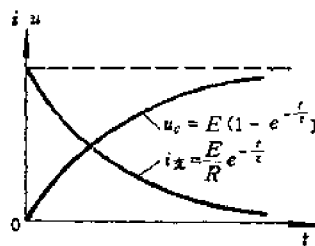


图2 波形图

电容器的放电

discharge of capacitor

设电容器 C 充电至电压 E 后,两端经电阻 R 连接在一起,则其两端的电压 $u_c(t)$ 逐渐下降为零,变化规律是

$$u_c(t) = E e^{-t/\tau}$$

式中 $\tau = RC$ 称为电路的时间常数,表征放

电快慢的程度。

相应地, 放电电流为

$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$$

$u_C(t)$ 和 $i(t)$ 随时间的变化规律如附图所示。

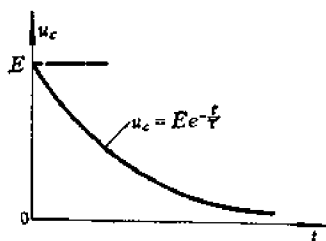


图 1 u_C 的变化规律

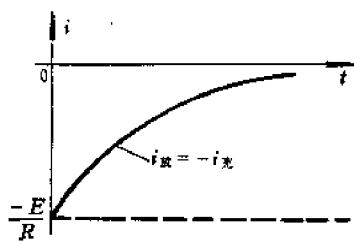


图 2 i 的变化规律

RL 电路的过渡过程

transient of RL circuit

电感线圈和电容器一样也是一个贮能元件, 它是以磁场能的方式来贮存能 ($W_L = \frac{1}{2} L i_L^2$)。在 RL 电路中磁场能的积累和泄放有一个过程, 电感中的电流 i_L 不能突变, 只能渐变, 也就是说, 电路中电流的变化需要一定的时间, 即有一个过渡过程。

电感的磁能积累

storage of magnetic energy in inductor

当直流电源 E 经过电阻 R 与电感 L 接通时, 电感中的电流 $i_L(t)$ 逐渐上升至 $\frac{E}{R}$, 其变化规律是

$$i_L(t) = \frac{E}{R} (1 - e^{-t/\tau})$$

式中 $e \approx 2.7183$, 为自然对数的底; $\tau = \frac{L}{R}$ 称为电路的时间常数, 表征电流上升快

慢的程度。若 L 的单位是亨利, R 的单位是欧姆, 则 τ 的单位是秒。

相应地, 电感两端电压的变化规律是

$$u_L(t) = E e^{-t/\tau}$$

$i_L(t)$ 和 $u_L(t)$ 的变化规律如附图所示。

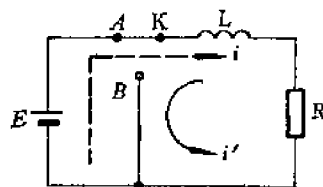


图 1 电感线圈的充放电电路

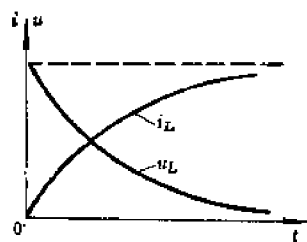


图 2 波形图

电感的磁能泄放

release of magnetic energy in inductor

设电感 L 中通有电流 I_0 而储存一定的磁能, 将其两端经电阻 R 连接在一起, 则其中的电流 $i_L(t)$ 将逐渐下降为零, 变化规律是

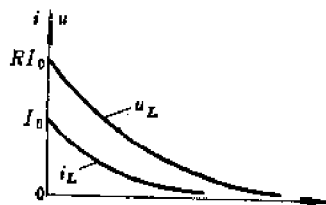
$$i_L(t) = I_0 e^{-t/\tau}$$

式中 $\tau = \frac{L}{R}$ 称为电路的时间常数, 表征电流下降快慢的程度。

相应地, 电感两端的电压是

$$u_L(t) = R I_0 e^{-t/\tau}$$

$i_L(t)$ 和 $u_L(t)$ 的变化规律如附图所示。



电感两端电流和电压的变化规律

时间常数

time constant

当电压或电流按指数规律变化时, 其幅

度改变达到最大变化的63%所需经历的时间称为时间常数, 常用 τ 表示。

在RC电路中, $\tau = RC$; 在RL电路中, $\tau = \frac{L}{R}$; 在RLC电路中, $\tau = \frac{2L}{R}$ 。

RLC电路的过渡过程

transient of RLC circuit

当充电至电压 E 的电容 C 与电阻 R 、电感 L 相串联组成闭合回路时, 电容 C 将通过 L 、 R 放电。电路中电流的变化规律有三种情况:

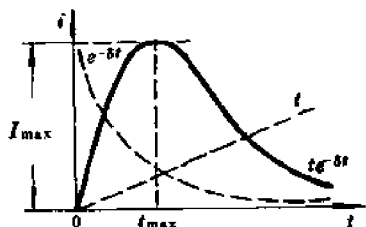
1. 非周期性放电

$$i = \frac{E_0}{\beta L} e^{-\delta t} \operatorname{sh} \beta t$$

式中 $\delta = \frac{R}{2L} > \omega_0$, $\beta = \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}$,

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}。$$

下图表示出上述方程的曲线, 在这个情况下, 回路中没有任何振荡, 这是由于电容器通过一个相当大的电阻放电, 以致使放电具有非周期的特性 (电流的方向不变)。



RLC 电路的过渡过程曲线

2. 临界非周期放电

$$i = \frac{E_0}{L} t e^{-\delta t}$$

式中 $\delta = \frac{R}{2L} = \omega_0$, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}。$

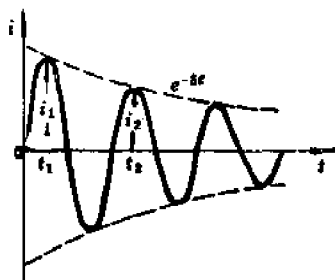
此方程的图形与上图相类似, 电容器的放电仍然是非周期的, 但我们称它为临界, 因为它介于非周期性放电和振荡性放电之间。

3. 振荡性放电

$$i = \frac{E_0}{\omega L} e^{-\delta t} \sin \omega t = \frac{E_0}{\omega L} e^{-\frac{t}{\tau}} \sin \omega t$$

式中 $\delta < \omega_0$, $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ 。

此方程表明电流在其振幅减弱的同时也改变其方向, 即电容的放电具有振荡的特性, 如下图所示的曲线。



振荡性放电曲线

上式中 $\tau = \frac{1}{\delta} = \frac{2L}{R}$ 表示电流振荡减弱到其初始值的 0.37 所需的时间, 称作回路的时间常数。式中电阻 R 的单位为欧姆 (Ω), 电感 L 的单位为亨利 (H), 时间常数 τ 的单位为秒 (s)。

当贮有磁能的电感与电阻、电容串联组成闭合回路时, 其电流变化规律可作类似分析。

非线性电路中的过渡过程

transient in nonlinear circuit

线性电路中若加入任一非线性元件, 则电路中的过渡过程将会有量的或质的差异。

在某些情况下, 电路的非线性元件仅使其中的过渡过程发生量的变化。例如可能使过渡电流的增长过程在某一段时间内减速, 同时又可能使过渡过程中的电流最大值增大得很多, 等等。

在另外一些情况下, 例如直流电源作用下的非线性电路, 在一定条件下, 其中的过渡过程会引起不衰减的周期性振荡, 这种振荡称为自激振荡。

总之, 非线性电路中的过渡过程要比线性电路的复杂。

九、交变电磁场

电磁场

electromagnetic field

是指彼此相联系的交变电场和磁场。在电磁场里,磁场的任何变化会产生电场,电场的任何变化也会产生磁场。这种交变电磁场不仅可以存在于电荷、电流或导体的周围,而且能够在空间传播。电磁场的传播构成了电磁波。

电磁能

electromagnetic energy

电磁场是物质的一种形式,它也具有能量。电磁能是组成电磁场的电场能量和磁场能量的总和。

电磁感应

electromagnetic induction

当通过闭合回路的磁通量发生变化时,回路内即出现电动势,叫做感应电动势,这种现象称为电磁感应。

楞次定律

Lenz law

它是确定感应电流方向的实验定律,它指出在闭合回路中,感应电流总是朝着这样一个方向:它在回路所包围的面积中,产生自己的磁感应通量,以抵偿引起感应电流的磁感应通量的变化。

法拉第感应定律

Faraday's law of induction

它是确定感应电动势大小的实验定律。即当穿过闭合回路的磁通量变化时,回路中产生的感应电动势与磁通量的时间变化率成正比。

自感应现象

self induction

当一个线圈中的电流变化时,变化的电流所产生的通过线圈回路自身的磁通量也发生变化,使线圈自身产生感应电动势,这种现象称为自感应现象。

自感系数

coefficient of self-induction

它是表示导体回路产生自感应能力的一个物理量。当导体回路中不存在铁磁介质时,通过导体回路的磁通量与回路中的电流成正比,它们的比值就称为回路的自感系数。它由回路的几何形状及周围介质的磁导率所决定。自感系数也叫自感或电感,常用 L 来表示,采用亨利做单位。

电感

inductance

见“自感系数”。

亨利

henry

它是实用单位制中的电感单位。定义为:当一个线圈中电流强度的改变为1安培/秒时,线圈所产生的感应电动势为1伏,则该线圈的电感等于1亨利(H)。它的千分之一称为毫亨(mH),百万分之一称为微亨(μ H)。

互感应现象

mutual induction

当一线圈中的电流变化时,它所产生的通过邻近线圈回路的磁通量也发生变化,从而在邻近线圈中产生感应电动势,这种现象称为互感应现象。

互感系数

coefficient of mutual-induction

它是表示两个导体回路 L_1 和 L_2 之间产生互感应能力的一个物理量。当不存在铁磁

介质时,一个通电回路 L_1 所产生的通过另一回路 L_2 的磁通量与 L_1 的电流成正比,它们的比值称为互感系数。它由两个回路的几何形状、相对位置及周围介质的磁导率决定。互感系数也叫互感,常用 M 表示,采用亨利作单位。

涡流

eddy current

导电物体置于变化着的磁场中或者在磁场中运动时,切割磁力线,则导体内将产生感应电流。因为这种电流回路在导体内自行闭合,呈涡旋形状,故称为涡流。

涡流损耗

eddy current loss

系指导电物体中由涡流引起的损耗,表现为发热。它是频率的函数。当频率愈高,材料的电阻率愈小,样品尺寸愈大时,则涡流损耗愈大。

对于金属材料,因其电阻率很低($10^{-4} \sim 10^{-8}$ 欧姆·厘米),故涡流损耗较大。

对于铁氧体材料,因为电阻率很高($1 \sim 10^9$ 欧姆·厘米),所以涡流损耗很小。

趋肤效应

skin effect

交变电流趋向导体表面流通的现象,称为趋肤效应。原因是导体内部各层比外部各层具有更大的电感,呈现更大的感抗。电流频率愈高,趋肤效应愈强,电流在导体深处流通愈小。故高频电流一般只在导体表面薄层中流过。

穿透深度

skin depth

高频电磁波入射至导体时,由于趋肤效应的缘故,场量按指数衰减的方式透入其内部。当幅度减小至等于表面处数值的 $1/e$ 时($e \approx 2.7183$, 为自然对数的底),相应的深度称为穿透深度。导体的电导率愈高或工作频率愈高,穿透深度愈小。例如,100兆赫

的电磁波在铜内的穿透深度仅约 6.6 微米。故高频电磁场一般只集中在导体表面的薄层中。

传导电流

conduction current

金属导体内的自由电子,在一定电场的作用下,便会以一定速度向着与电力线相反的方向移动,这样就产生了电流,称为传导电流。

位移电流

displacement current

电位移强度的时间变化率称为位移电流。电场的变化也能够产生磁场,在这种意义下位移电流与传导电流的作用相同。但是两者具有不同的物理本质,传导电流是导体中自由电子的流动,而位移电流在介质中是由分子极化电荷的位移和电场的变化两部分所产生,在真空中则仅由电场的变化所产生。

运流电流

convection current

它是指带电粒子在空间运动所形成的电流。

麦克斯韦场方程组

Maxwell's field equations

它是描述电磁场普遍规律的一组完整微分方程,是宏观电磁理论的基础。用它并结合具体问题的边界条件可以解决一系列的电磁理论问题。麦克斯韦场方程组表达了电场和磁场之间不可分割的联系,同时也表达了电磁场与电荷和电流的关系以及电磁场本身的特性。它由下列四个方程式组成(在实用单位制中):

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (4)$$

式中 $\nabla \cdot \vec{D}$ 和 $\nabla \cdot \vec{B}$ 分别表示电位移矢量和磁感应强度矢量的散度, $\nabla \times \vec{E}$ 和 $\nabla \times \vec{H}$ 分别是电场强度矢量和磁场强度矢量的旋度。

上述各方程的物理意义是: (1) 式表示电位移线或者起始于正电荷、终止于负电荷, 或者是闭合的 ($\rho = 0$ 时); (2) 式表示磁感应线总是闭合的, 即自然界不存在孤立的磁荷; (3) 式表示磁感应强度的变化产生电场; (4) 式表示电位移强度的变化和传导电流一样都能产生磁场。

应用麦克斯韦方程组解决具体问题, 还需要考虑表征媒介质特性的关系式:

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad (5)$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad (6)$$

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} \quad (7)$$

式中 ϵ 、 μ 、 σ 分别是媒介质的电介常数、导磁率和电导率。这些式子表明 \vec{D} 和 \vec{E} , \vec{B} 和 \vec{H} , \vec{j} 和 \vec{E} 是互相关联的。

电磁波

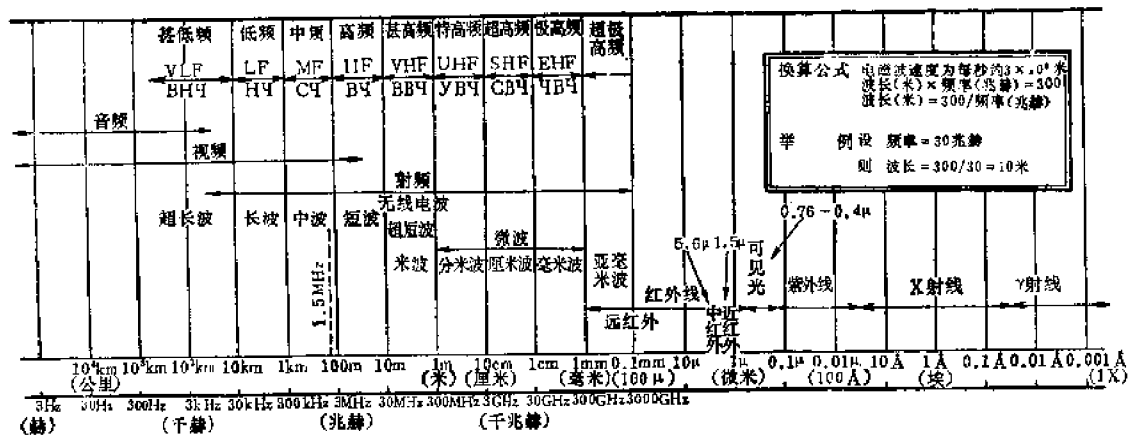
electromagnetic wave

这是在空间传播着的交变电磁场。电磁波的传播速度等于光速, 在真空中为 3×10^8 米/秒。

电磁波频谱

spectrum of electromagnetic wave

电磁波频谱范围很广, 通常可划分为若干波段, 如下表所示。各波段的波具有不同的特性和用途。



注: 1 埃 (Å) = 10^{-10} 微米 (μ) = 10^{-7} 毫米 (mm) = 10^{-10} 米 (m); 1 X = 10^{-8} 埃 (Å) = 10^{-7} 微米 (μ) = 10^{-10} 毫米 (mm) = 10^{-13} 米

注: 1 微米 (μ) = 10^{-6} 米 1 埃 (Å) = 10^{-10} 米 1 X = 10^{-13} 米

电磁场的边界条件

boundary conditions for electromagnetic field

它是电磁场在不同媒质分界面上所应满足的各种条件, 在许多具体问题中用来确定电磁场的分布情况。

媒介质

medium

在电波传播中, 电磁场在其中作用的物质, 称为媒介质, 又称媒质或介质。电磁波在介质中的传播特性与介质的电气特性, 如

介电常数、导磁率和电导率等有关。

理想介质

perfect medium

电导率等于零的媒介质称为理想介质。电磁波在理想介质中传播时, 将不会有衰减现象发生。

各向同性介质

isotropic medium

如果媒介质的各种电气参数与电场和磁场的取向无关, 则称该介质为各向同性介质。

各向异性介质

anisotropic medium

如果媒介质的电气参数与电场和磁场的取向有关,并在各个取向上不同,则称该介质为各向异性介质。

旋磁介质

gyromagnetic medium

能够显示旋磁效应的介质称为旋磁介质。对铁氧体一类介质,当饱和的稳恒磁场和其它任意方向的交变磁场同时作用时,磁感应强度的横向分量(与稳恒磁场垂直的分量)不仅与平行于该分量的磁场强度横向分量有关,而且与垂直于该分量的磁场强度横向分量有关,这就称为旋磁效应。

旋磁介质具有极化面旋转效应(法拉第旋转效应)和铁磁共振吸收等特性。

法拉第旋转

Faraday rotation

平面极化的电磁波可以看作左圆极化波和右圆极化波的合成。当它在磁化的铁氧体介质中沿着磁场方向传播时,由于左圆极化波和右圆极化波的相速不同,故传播过程中极化面会发生旋转。这种现象称为法拉第旋转。

双折射

birefringence

电磁波在各向异性媒质中,分解成极化方向不同并以不同速度传播的两部分,这种现象称为双折射。其中寻常射线的波前是球形的,满足普通的折射定律;非寻常射线的波前则不是球形的,故速度与传播方向有关。

在磁化的铁氧体介质中,当电磁波传播方向垂直于稳恒磁场时,在垂直于磁场平面内极化的波和沿着磁场方向极化的波具有不同的相速,这就产生了双折射现象,有时称为旋磁体的科董-毛董效应(Cotton-Mouton effect)。

旋电介质

gyroelectric medium

能够显示旋电效应的介质称为旋电介质。参见旋磁介质,仅需把磁的有关量换成电的有关量即可。

辐射

radiation

由高频振荡电能转换成向空间传播的电磁波能量的过程称为辐射。

辐射能

radiation energy

凡是在空间可见和不可见射线辐射出来的能量都称为辐射能。

辐射能是以电磁波的形式在空间向四周传播的,传播的速度等于光速。

辐射能具有双重性,即有波动特性和量子特性。

标量势

scalar potential

在讨论电荷、电流所产生的电磁场时,为了数学上的方便,常引入一组辅助势函数,即标量势 φ 和矢量势 \vec{A} ,它们与电场强度 \vec{E} 和磁感应强度 \vec{B} 的关系为:

$$\vec{E} = -\nabla\varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$$

$$\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$$

由于它们与电荷、电流的关系比较直接明显,求解比较方便,故常用来求解电磁场。

矢量势

vector potential

见“标量势”。

感应场

induction field

离天线很近的区域称为感应场区。区内电场和磁场在空间互相垂直,由于电、磁变化有 90° 相位差,电磁能量从电场转到磁场,或从磁场转到电场,其平均能流密度矢量为零,故感应场不产生能量辐射。

辐射场

radiation field

离天线很远的区域的场称为辐射场。其特征是电场和磁场互相垂直,但时间相位相同。辐射场的衰减慢,同时能流密度矢量不等于零。通常称的无线电波是指辐射场而言。

镜象原理

image theory

当靠近理想导体置有场源时,根据边界条件(电场的切向分量为零),可以把理想导体边界的作用看作为一个镜象源。在空间特定区域中场的分布,相当于撤去该导体后场源和其镜象源两者引起的场分布的叠加,称为镜象原理。

能流密度矢量

Poynting vector

电磁波在空间传播时,某一点处电场强度和磁场强度的矢量积,称为能流密度矢量(也称玻印亭矢量或乌莫夫-玻印亭矢量)。其数值等于电场强度的大小乘以磁场强度在垂直于电场的方向上的投影,而方向则与电场及磁场两者相垂直,并成右螺旋关系。这一矢量表征着单位时间内通过该点处单位面积的电磁能量。

玻印亭矢量

Poynting vector

见“能流密度矢量”。

电磁波的极化

polarization of electromagnetic wave

电磁波在空间传播时,若电场矢量的方向保持固定或按一定的规律旋转,这种电磁波便叫极化波(或偏振波)。通常可分为平面极化(包括水平极化和垂直极化)、圆极化和椭圆极化。

电磁波的偏振

polarization of electromagnetic wave

见“电磁波的极化”。

极化方向

direction of polarization

极化电磁波的电场方向称为极化方向。

极化面

plane of polarization

极化电磁波的极化方向与传播方向所构成的平面称为极化面。

垂直极化

vertical polarization

无线电波的极化,常以大地作为标准平面。凡是极化面与大地法线面(垂直面)平行的极化波称为垂直极化波。其电场方向与大地垂直。

水平极化

horizontal polarization

凡是极化面与大地法线面垂直的极化波称为水平极化波,其电场方向与大地相平行。

平面极化

plane polarization

如果电磁波的极化方向总保持在固定的方向上,称为平面极化,也称线极化。

在电场平行于大地的分量(水平分量)和垂直于大地表面的分量,其空间振幅具有任意的相对大小,相位相同或相差 180° (同相或反相)变化时,可以得到平面极化。

垂直极化和水平极化都是平面极化的特例。

线极化

linear polarization

见“平面极化”。

圆极化

circular polarization

当无线电波的极化面与大地法线面之间的夹角从 $0\sim 360^\circ$ 周期地变化,即电场大小不变,方向随时间改变,电场矢量末端的轨迹在垂直于传播方向的平面上投影是一个圆时,称为圆极化。

在电场的水平分量和垂直分量振幅相

等, 相位相差 90° 或 270° 时, 可以得到圆极化。

圆极化时, 若极化面随时间的旋转与电磁波传播方向成右螺旋关系, 则称右圆极化; 反之, 若成左螺旋关系, 则称左圆极化。

右圆极化

right-handed circular polarization

见“圆极化”。

左圆极化

left-handed circular polarization

见“圆极化”。

椭圆极化

elliptical polarization

如果无线电波极化面与大地法线面之间的夹角从 $0 \sim 2\pi$ 周期地改变, 且电场矢量末端的轨迹在垂直于传播方向的平面上投影是一个椭圆时, 称为椭圆极化。

当电场垂直分量和水平分量的振幅和相位具有任意值时 (两分量相等时例外), 均可得到椭圆极化。

等相面

equiphase surface

设在同一时刻某表面上各点波的场矢量的相位均为相同数值, 则该表面称为等相面。

等幅面

equal-amplitude surface

设在同一时刻某表面上各点波的场矢量的振幅均为相同数值, 则该表面称为等幅面。在电波传播中, 等幅面一般就是等相面, 但也有例外, 如: 电波从空气射入大地内的折射波, 其等相面垂直于折射线平面, 而其等幅面则平行于大地的平面, 故两者不再重合。

球面波

spherical wave

电波的等相面是球形的, 称为球面波。偶极子天线辐射的电磁波就是球面波的例子。

平面波

plane wave

电波的等相面是平面的, 称为平面波。一般天线辐射的电波多半是球面波, 只有在距离天线很远的地方, 等相面近似于平面, 电波就可以近似地看作为平面波。

柱面波

cylindrical wave

电磁波的等相面成柱形的, 称柱面波。无限长线天线辐射的电磁波就是柱面波的例子。

横波

transversal wave

在均匀的各向同性介质内, 传播的电磁波都是横波, 其电场和磁场矢量都垂直于传播方向, 而没有平行于传播方向的分量。

纵波

longitudinal wave

在不均匀介质或非各向同性介质内传播的电磁波, 可能出现平行于传播方向的电场分量, 形成了传播方向极化的电波, 称为纵波。由于横向分量和纵向分量的相位和振幅的情况不同, 传播方向的极化也可以是平面极化、圆极化或椭圆极化等。



这时, 合成电场与传播方向成某一角度 θ , 称为波前倾斜。电波在大地表面上传播时就会出现波前倾斜现象。

波前

wave front

电磁波的传播可以看成其前端的等相面的运动, 该等相面就称为波前。

波前倾斜

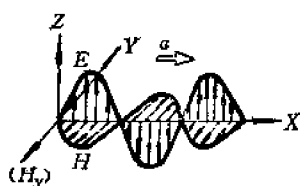
inclination of wave front

见“纵波”。

无线电波传播方向

propagation direction of radiowave

无线电波是电磁波的一种,一般是指极化的横波,它传播的方向垂直于电场和磁场,此方向又正是能流密度矢量的方向。附图表示无线电波电场和磁场矢量和传播方向的空间关系。 X 是电波传播的方向;电波传播的方向、电场的瞬时值以实线表示,磁场的瞬时值以虚线表示。



电波的传播方向

电磁波二次辐射

secondary radiation of electromagnetic wave

电磁波在传播过程中遇到障碍后,在障碍物中激励感应电流而重新发出辐射,这种现象叫做电磁波二次辐射。

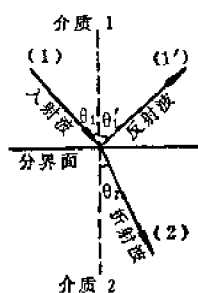
电磁波的反射

reflection of electromagnetic wave

电磁波有与光波相似的性质,当它到达不同介质的分界面时,由于不连续效应,便发生折射和反射现象

(见图)。

入射波(1)从介质1投射到分界面时,入射线与分界面法线之间的夹角称入射角(θ_1)。这时,一部分电磁波透入介质



电磁波的反射

2,称为折射波(2),而折射线与法线之间的夹角称为折射角(θ_2)。另一部分电磁波从分界面反射回来,在介质1中按反射角(θ_1')所指的方向前进,称为反射波(1');其中反射角(θ_1')定义为反射线与法线之间的夹

角。

在发生反射和折射时,满足如下的关系:

(1) $\theta_1 = \theta_1'$, 即反射角等于入射角; (2) $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$, 式中 v_1 和 v_2 分别是电磁波在介质1和2中的传播速度,即表明入射角正弦与折射角正弦之比取决于电磁波在两介质中的传播速度。

在传输线问题中,入射波是指从馈电点向负载传播的电波,反射波是指从负载返回馈电点的电波。

电磁波的折射

refraction of electromagnetic wave

见“电磁波的反射”。

电磁波的反射系数

reflection coefficient of electromagnetic wave

反射波电场振幅与入射波电场振幅之比称为反射系数;折射波电场振幅与入射波电场振幅之比称为折射系数。它们和两介质的电参数有关,和电波的极化也有关。有时,它们是复数,表示在发生反射和折射时相位发生了改变。

电磁波的折射系数

refraction coefficient of electromagnetic wave

见“电磁波的反射系数”。

电磁波的折射指数

refraction index of electromagnetic wave

入射角正弦和折射角正弦之比称为电磁波在该分界面的折射指数,常记为 n 。由折射定律,得

$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

式中 v_1, v_2 是电磁波在两介质中的传播速度。

极化角

polarizing angle

如果在入射面内极化的电磁波(即磁场

强度分量平行于分界面的电磁波) 以某一特定的入射角投射到分界面上时, 其反射系数等于零, 则电磁波将全部透过成为折射波, 而无反射波, 这个入射角称为极化角或布儒斯特角。

电场强度平行于分界面的电磁波因不可能发生这种现象, 故无极化角。

布儒斯特角

Brewster angle

见“极化角”。

惠更斯原理

Huyghens principle

在电磁场问题中, 给定了某等相面上的电场矢量和磁场矢量后便可求得各指定点的场。为此, 可以把给定波前上的每个点看作产生球面波前的二次源。这些二次源所产生的波到达指定点时彼此有一定的相位差, 将其叠加即可得出该点的场矢量。这便是通常所谓的惠更斯原理。

电磁波的干涉

interference of electromagnetic wave

设有两束同一频率的电磁波同时到达空间某一点, 则该处的场矢量将等于两者分别引起的场的叠加。如果在这一点上两者同相, 则场强因相加而得以增强; 反之, 若两者反相, 则场强因相减而变弱。就整个空间而言, 叠加的结果使某些点的场强增强, 另一些点则变弱。这种现象称为电磁波的干涉。

导波

guided wave

能量集中在不同介质的边界附近或集中在边界之间的波, 都称为导波。其能量流动的方向主要是沿着边界, 而边界方向的改变则使波沿新的方向进行。

传输线的反射系数

reflection coefficient of transmission line

在传输线上负载阻抗连接点, 反射波与

入射波场强之比称为传输线的反射系数, 常记为 γ , 并有

$$\gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

式中 Z_L 为负载阻抗, Z_0 为传输线特性阻抗。

由此可见, 负载阻抗与特性阻抗相差愈大, 则反射系数愈大, 表示反射愈强。当负载阻抗与特性阻抗相等时, 反射系数等于零, 表示没有反射波, 入射波能量完全被负载吸收。

一般 γ 是复数, 表示发生反射时有相位变动。

驻波

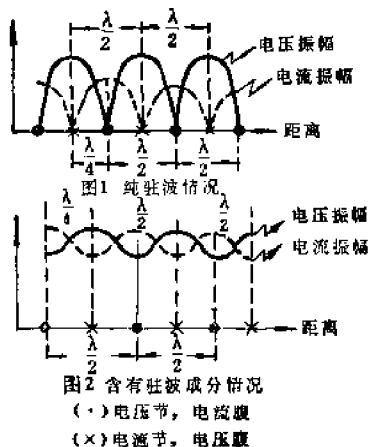
standing wave

由于传输线负载阻抗与它的特性阻抗不相等, 将产生反射波, 反射波叠加到入射波上所形成的状态称驻波。

驻波的特点是线上各点的振幅为一固定值, 而且振幅沿着传输线呈现周期性的大小变化。相邻最大值(或最小值)之间的距离等于该传输线上波长之半。

传输线形成驻波时, 必定分别形成电压驻波和电流驻波。电压驻波的波腹(节)必是电流驻波的波节(腹), 反之亦然。

如果在无耗传输线中, 负载阻抗为零或无穷大, 便产生全反射(反射系数为 1); 这时, 驻波的最小值为零(附图 1), 线上各点振动的相位相同, 能量驻立不前无法传到负



载。

在实际问题中,反射系数总是介于0与1之间,入射波和反射波叠加的结果将如图2所示,这时仍有一定能量传到负载。

行波

traveling wave

如果传输线的特性阻抗和负载阻抗完全相等,反射便无从发生,线上只存在入射波,这种状态称为行波。行波是一种以有限速度沿着传输线单方向传播的波。

在无耗传输线中,行波的振幅处处相等;在有耗传输线中,行波的振幅随距离增加而减小。

波腹

antinode

驻波波动振幅之大小沿着传输线周期性地变化,取最大值的点称为波腹,取最小值(或零)的点称为波节。

波节

node

见“波腹”。

驻波线

standing wave line

存在着驻波的传输线称为驻波线。它的输入阻抗依测量点的位置而定。在电压波腹点(该点同时是电流波节点)的输入阻抗为最大;在电压波节点(该点同时是电流波腹点)的输入阻抗为最小。其它各点的输入阻抗介于这两者之间。

行波线

traveling wave line

工作于行波状态的传输线称为行波线。无论有耗线和无耗线,只要负载阻抗等于特性阻抗,反射系数为零,都可以获得行波状态。

行波线的输入阻抗处处相等,与线长无关,且等于它的特性阻抗。

行波系数

traveling wave coefficient

如果传输线上存在着驻波,则线上某些点的电压振幅为最大,某些点的电压振幅为最小。最小振幅和最大振幅之比称为行波系数,它是驻波比的倒数。行波系数决定于负载阻抗的匹配情况,当完全匹配时,行波系数为1,传输线工作在行波状态,线上没有反射波。

驻波比

standing-wave ratio (SWR)

传输线工作于驻波状态时,电压最大振幅与电压最小振幅之比称为电压驻波比(常记为VSWR),简称驻波比(常记为SWR)。它与反射系数的大小 $|\gamma|$ 有如下关系:

$$\text{驻波比 } \rho = \frac{1+|\gamma|}{1-|\gamma|}$$

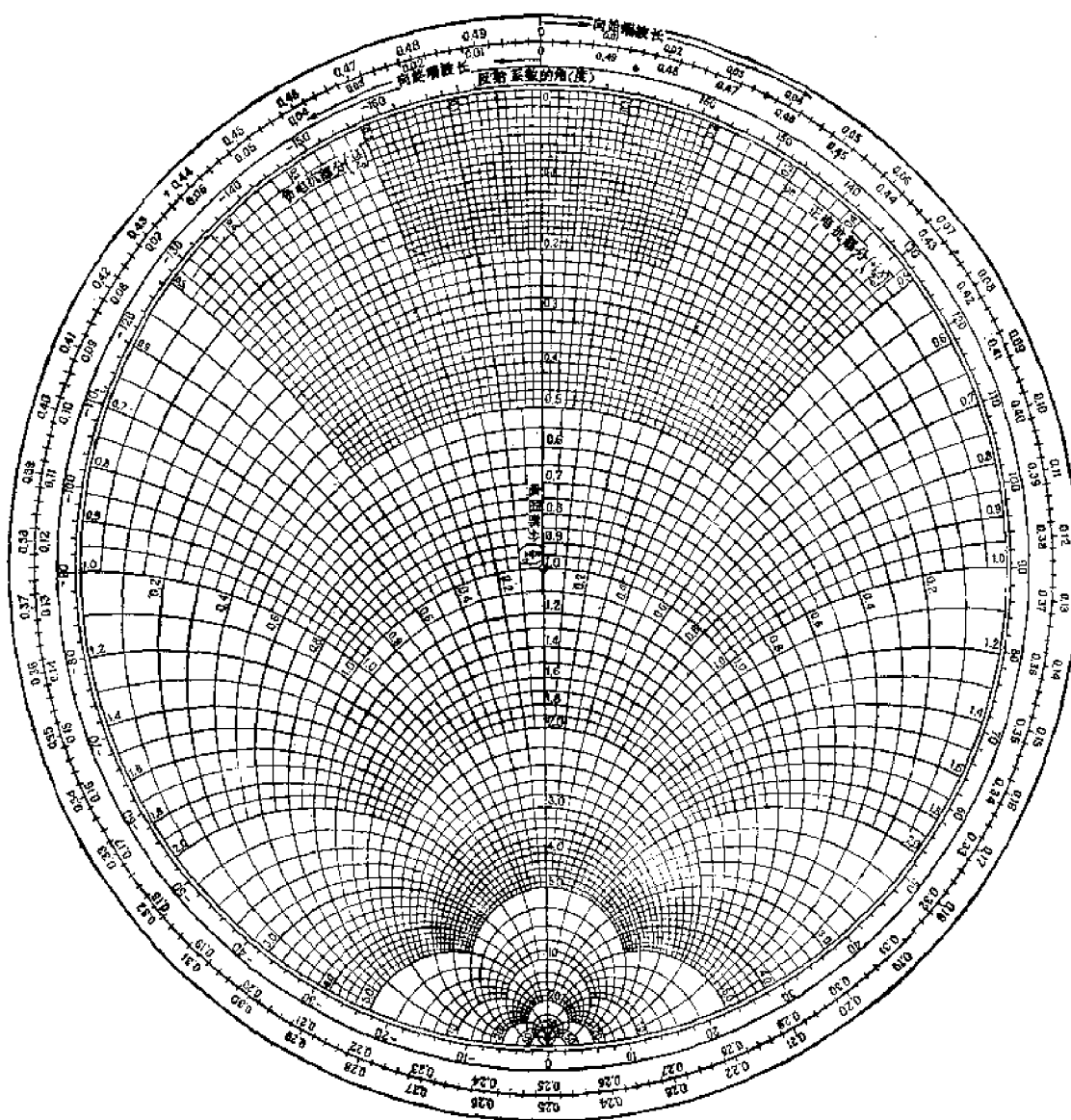
因此驻波比是实数。行波的驻波比为1,纯驻波的驻波比是无穷大。

有时把电压驻波比的平方称为功率驻波比(常记为PSWR)。

阻抗圆图

impedance chart

这是计算高频传输线问题的一种图表。当一定长度的传输线的终端接以某一负载阻抗时,输入端所呈现的阻抗一般包括电阻及电抗两部分,并在该端点引起反射。所谓阻抗圆图,是在极坐标上画出的一系列等电阻轨迹和等电抗轨迹;极坐标矢径的长度相当于反射系数的大小,而角度则相当于反射系数对传输线上某一参考点而言的相位。利用这种圆图,可以方便地从已知的阻抗求得反射系数,了解阻抗及反射系数沿着传输线的变换情况,确定波腹、波节的位置,计算阻抗匹配条件等等,用途十分广泛。附图所示即为常见的阻抗圆图。



阻抗圆图

导纳圆图

admittance chart

导纳沿着传输线的变换规律与阻抗的变换规律全同，因此，将阻抗圆图中的阻抗改为导纳，电阻改为电导，电抗改为电纳，便

可用于导纳计算，称为导纳圆图。参见“阻抗圆图”。

史密斯圆图

Smith chart

阻抗圆图或导纳圆图的旧称。

英 文 索 引

A		页 码		
absolute ampere		1-27	coefficient of coupling	1-33
absolute practical system of units		1-26	coefficient of mutual-induction	1-41
absolute system of units		1-26	coefficient of self-induction	1-41
active component of current		1-25	coercive force	1-13
active power		1-25	compensation temperature	1-10
admittance		1-24	complete resonance	1-34
admittance chart		1-49	complex impedance	1-33
admittance triangle		1-24	complex number	1-22
air gap		1-3	complex resonance	1-34
alternating current (A. C.)		1-20	conductance	1-2
alternating current dynamo		1-30	conduction current	1-42
ampere		1-16	conductivity	1-2
ampere/meter		1-14	conductor	1-2
ampere-turn		1-13	conjugate complex	1-22
amplitude		1-21	convection current	1-42
angular frequency		1-21	corona	1-4
anisotropic medium		1-44	coulomb	1-4
anti-ferromagnetism		1-10	Coulomb's law	1-3
antinode		1-49	coupled circuit	1-33
apparent power		1-25	critical coupling	1-34
asynchronous dynamo		1-30	curie temperature	1-9
atom		1-1	current	1-16
atomic nucleus		1-1	current resonance	1-32
average power		1-25	current source	1-16
average value		1-21	cyclic magnetic condition	1-12
			cylindrical wave	1-46
B			D	
birefringence		1-44	degree of coupling	1-33
boundary conditions for electromagnetic field		1-43	deionization	1-4
breakdown		1-3	delta connection	1-28
breakdown voltage		1-3	demagnetization	1-10
Brewster angle		1-43	demagnetize field	1-13
by-pass		1-18	detuning	1-35
C			diamagnetism	1-9
capacitance		1-6	dielectric	1-2
capacitive reactance		1-23	dielectric constant	1-2
capacitor in series and parallel		1-6	dielectric leakage	1-3
C. G. S. E. system		1-27	dielectric loss	1-3
charge		1-6	dielectric polarization	1-3
charged body		1-2	direct current (D. C.)	1-16
charge of capacitor		1-33	direct current dynamo	1-30
circular polarization		1-45	direction of polarization	1-45
			discharge	1-6
			discharge of capacitor	1-38

displacement current	1-42	frequency spectrum	1-36
distributed capacitance	1-7	fundamental wave	1-36
domain wall	1-10	fundamental of electric and electronic engineering	1-1

E

eddy current	1-12
eddy current loss	1-42
effective resistance	1-23
effective value	1-21
efficiency	1-26
electric charge	1-3
electric displacement	1-5
electric field	1-4
electric flux	1-5
electric flux density	1-5
electric intensity	1-4
electric potential	1-5
electric potential gradient	1-6
electrical conductivity	1-2
electrolyte	1-4
electromagnet	1-14
electromagnetic energy	1-41
electromagnetic field	1-41
electromagnetic induction	1-41
electromagnetic wave	1-43
electromotive force	1-15
electron	1-1
electron-volt	1-6
electrostatic field	1-5
electrostatic induction	1-4
electrostatic shielding	1-4
elliptical polarization	1-46
energy	1-26
equal-amplitude surface	1-46
equiphase surface	1-46
equipotential surface	1-5
equivalent circuit	1-17
erg	1-27

F

farad	1-6
Faraday rotation	1-44
Faraday's law of induction	1-41
ferrimagnetism	1-10
ferromagnetism	1-10
flux linkage	1-14
form factor	1-21
Fourier integral	1-37
Fourier series	1-36
Fourier transform	1-37
frequency	1-20

G

gauss	1-8
general detuning	1-35
gilbert	1-13
guided wave	1-48
gyroelectric medium	1-44
gyromagnetic medium	1-44

H

half-power point	1-33
harmonic analysis	1-36
harmonic	1-36
henry	1-41
hertz	1-20
horizontal polarization	1-45
Huyghens principle	1-48

I

image theory	1-45
impedance	1-23
impedance chart	1-49
impedance triangle	1-24
in phase	1-22
inclination of wave front	1-46
incremental hysteresis loop	1-12
inductance	1-41
induction field	1-44
inductive reactance	1-23
initial phase angle	1-21
input capacitance	1-6
instantaneous power	1-25
instantaneous value	1-21
insulator	1-2
intensity of magnetization	1-11
interference of electromagnetic wave	1-48
internal resistance of source	1-16
international ampere	1-27
international ohm	1-27
international practical system of units	1-27
ion	1-4
ionization	1-4
isotropic medium	1-43

		medium	1-43
		mesh circuit	1-17
		modulus of complex number	1-22
joule	1-27	molecule	1-2
Joule-Lenz's law	1-26	motor	1-31
		mutual induction	1-41
L		N	
lag	1-22	neel temperature	1-9
Laplace transform	1-37	neutral body	1-2
law of magnetic circuit	1-13	neutral line	1-28
lead	1-22	neutral point	1-28
leakage current	1-3	neutron	1-1
leakage magnetic flux	1-14	node	1-17, 1-49
left-handed circular polarization	1-46	non-uniform dielectric	1-2
Lenz law	1-41	non-linear circuit	1-17
line current	1-30	non-linear resistance	1-16
line voltage	1-30	normal magnetization curve	1-12
linear circuit	1-17		
linear polarization	1-45	O	
linear resistance	1-16	oersted	1-8
lines of electric force	1-5	ohm	1-17
lines of magnetic induction	1-8	Ohm's law	1-17
load	1-24	open circuit	1-17
longitudinal wave	1-46	optimum coupling	1-34
loose coupling	1-34	out phase	1-22
M		P	
magnetic circuit	1-13	parallel connection	1-18
magnetic domain	1-10	parallel resonance	1-32
magnetic field	1-8	paramagnetism	1-9
magnetic field intensity	1-8	parasitic capacitance	1-7
magnetic flux	1-9	partial resonance	1-34
magnetic flux density	1-9	pass band	1-33
magnetic hysteresis	1-11	perfect medium	1-43
magnetic hysteresis loop	1-11	period	1-20
magnetic hysteresis loss	1-13	periodic current	1-20
magnetic induction density	1-8	permanent magnet	1-14
magnetic line of force	1-8	permittivity	1-2
magnetic moment	1-9	permeability	1-11
magnetic neutral state	1-10	phase	1-21
magnetic permeance	1-14	phase angle difference	1-21
magnetic pole	1-8	phase current	1-30
magnetic saturation	1-11	phase shift	1-22
magnetic susceptibility	1-11	phase voltage	1-30
magnetization	1-10	photoelectric effect	1-19
magnetization curve	1-12	piezo-electric effect	1-19
magnetomotive force (MMF)	1-13	plane polarization	1-45
magnetostriction	1-10	plane of polarization	1-45
matter	1-1	plane wave	1-16
maxwell	1-9	point charge	1-3
Maxwell's field equations	1-42		

polarization of electromagnetic wave	1-45	saturation magnetization	1-11
polarizing angle	1-47	saturation magnetic flux density	1-12
polyphase system	1-28	scalar potential	1-44
potential	1-5	secondary radiation of electromagnetic wave	1-47
potential difference	1-5	self-demagnetizing field	1-13
potential drop	1-15	self induction	1-41
potential drop of internal resistance	1-16	series connection	1-18
power	1-26	series resonance	1-32
power factor	1-25	sharpness of resonance	1-32
power line	1-29	short circuit	1-17
power triangle	1-25	simens	1-17
Poynting vector	1-45	sinusoidal current	1-20
propagation direction of radiowave	1-47	six-phase system	1-28
proton	1-1	skin depth	1-42
Q			
quadrature	1-22	skin effect	1-42
R			
radiation	1-44	Smith chart	1-49
radiation energy	1-44	source	1-15
radiation field	1-45	specific conductance	1-2
reactance	1-23	spectrum of electromagnetic wave	1-43
reactive component of current	1-25	spherical wave	1-46
reactive power	1-25	spontaneous magnetization	1-11
reflection of electromagnetic wave	1-47	standing wave	1-48
reflection coefficient of electromagnetic wave	1-47	standing wave line	1-49
reflection coefficient of transmission line	1-48	standing-wave ratio (SWR)	1-49
refraction coefficient of electromagnetic wave	1-47	star connection	1-28
refraction index of electromagnetic wave	1-47	storage of magnetic energy in inductor	1-39
refraction of electromagnetic wave	1-47	subharmonic	1-36
relative detuning	1-35	susceptance	1-24
relative permittivity	1-3	symmetrical polyphase system	1-28
release of magnetic energy in inductor	1-39	symmetrical voltage	1-29
reluctance	1-14	synchronous dynamo	1-30
residual loss	1-13	T	
residual magnetic flux density	1-12	tesla	1-9
residual magnetism	1-13	T-connection	1-29
resistance	1-16	temperature coefficient of resistance	1-17
resistivity	1-16	terminal voltage	1-16
resonance	1-32	thermo-electric effect	1-19
resonance curve	1-34	thermo-electromotive force	1-19
resonance frequency	1-32	three-phase four-wire system	1-28
right-handed circular polarization	1-46	three-phase system	1-28
S			
saturation induction density	1-12	three-phase three-wire system	1-28
		tight coupling	1-34
		time constant	1-39
		transient	1-38
		transient in nonlinear circuit	1-40
		transient of RC circuit	1-38
		transient of RL circuit	1-39
		transient of RLC circuit	1-40
		transveral wave	1-16
		traveling wave	1-49

traveling wave coefficient	1—49	volt	1—5
traveling wave line	1—49	volt-ampere	1—26
tuning	1—35	voltage	1—5
turn-to-turn capacitance	1—6	voltage resonance	1—32
two-phase system	1—28	voltage source	1—15
		voltage triangle	1—24
U		W	
uniform dielectric	1—2	watt	1—27
uniform electric field	1—5	wave front	1—46
uniform magnetic field	1—8	wave length	1—20
V		weber	1—9
V-connection	1—29	work	1—26
vector	1—22	Z	
vector diagram	1—23		
vector potential	1—44	Z-connection	1—29
vertical polarization	1—45		